

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

Ana Paula Gusso

**ESTUDO DOS EFEITOS DA FARINHA DE YACON E DE
Bifidobacterium lactis SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E
FUNCIONAIS DO IOGURTE DE LEITE DE OVELHA**

**Santa Maria, RS, Brasil
2017**

Ana Paula Gusso

**ESTUDO DOS EFEITOS DA FARINHA DE YACON E DE *Bifidobacterium lactis*
SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO IOGURTE DE
LEITE DE OVELHA**

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

Orientadora: Prof^a Dr^a Neila S.P.S. Richards
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Gilberti Helena Hübscher Lopes

Santa Maria, RS, Brasil
2017

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

Gusso, Ana Paula
Estudo dos efeitos da farinha de yacon e de
Bifidobacterium lactis sobre as propriedades tecnológicas
e funcionais do iogurte de leite de ovelha / Ana Paula
Gusso.- 2017.
122 f.; 30 cm

Orientadora: Neila Silvia Pereira dos Santos Richards
Coorientadora: Gilberti Helena Hübscher Lopes
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2017

1. Alimento Funcional 2. Smallanthus sonchifolius 3.
simbiótico 4. parâmetros biológicos 5. propriedades
biomecânicas I. Pereira dos Santos Richards, Neila Silvia
II. Hübscher Lopes, Gilberti Helena III. Título.

Ana Paula Gusso

**ESTUDO DOS EFEITOS DA FARINHA DE YACON E DE *Bifidobacterium lactis*
SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO IOGURTE DE
LEITE DE OVELHA**

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

Aprovado em 24 de março de 2017

**Neila S. P. S. Richards, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/orientadora)**

Liliane Bauermann Dr^a. (UFSM)

Renato Zanella Dr. (UFSM)

Ana Lúcia Barretto Penna Dr^a. (UNESP)

Elane Schwinden Prudêncio Dr^a. (UFSC)

**Santa Maria, RS, Brasil
2017**

Dedico este trabalho a mulher que me ensinou a ser a pessoa que hoje me tornei. À você mãe que lutou bravamente para dar tudo que suas filhas precisavam sem medir esforços, pelos melhores ensinamentos que uma mãe pode dar. Pela sua força, coragem, paciência e fé inabaláveis. À você mãe que apesar de tudo continua sendo a guerreira e heroína que sempre enxerguei. Te amo muito e este trabalho também é seu.

AGRADECIMENTOS

À professora Neila S. P. S. Richards, obrigada por confiar em meu trabalho durante todos estes anos, por me ajudar nas dificuldades da vida e me orientar nesta etapa tão importante da minha jornada acadêmica.

À professora Gilberti Helena Hübscher Lopes, obrigada por toda ajuda e orientação antes, durante e depois do ensaio biológico, parte fundamental deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa de doutorado concedida e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria, pelo apoio neste estudo.

À todos os professores, técnicos, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, o meu muito obrigada pelos ensinamentos, trocas de experiências e ajudas pertinentes.

Aos meus colegas de laboratório pela amizade, confiança e dedicação ao me ajudarem na execução deste trabalho durante esses quatro anos.

Agradeço aos amigos (Patita, Tobias, Luci, Pitty, Luiz, Ana Cristina, Bruna, Juan, Paula, Max e Maria) que fiz dentro desta Universidade maravilhosa e que levarei em meu coração por toda a vida. O meu muito obrigada por estarem comigo em muitos momentos de descontração e descanso após um longo dia de trabalho. Pelos desabafos da vida e das análises mal sucedidas, um abraço apertado em cada um de vocês.

Ao meu noivo Lucrécio, por me ajudar numa das fases mais difíceis deste trabalho. Obrigada pelo companheirismo e ajuda em todos os finais de semana no biotério da UFSM. Sem você ao meu lado essa experiência teria sido muito mais difícil.

À minha família que sempre me apoiou, incentivou e se orgulha de mim, em especial à minha irmã e meu cunhado por toda ajuda e compreensão. Amo muito vocês.

Aos amigos que encontrei na aldeia de Emaús, fazer parte deste grupo e poder compartilhar a espiritualidade com vocês com certeza foi um grande aprendizado. Obrigada pelas reuniões, retiros e momentos de confraternização.

Agradeço a todos, que de uma forma ou de outra participaram e colaboraram para que este trabalho fosse desenvolvido.

RESUMO

ESTUDO DOS EFEITOS DA FARINHA DE YACON E DE *Bifidobacterium lactis* SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO IOGURTE DE LEITE DE OVELHA

AUTOR: Ana Paula Gusso

ORIENTADORA: Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

CO-ORIENTADORA: Gilberti Helena Hübscher Lopes

O leite de ovelha apresenta características inigualáveis para a elaboração de queijos finos e iogurtes, pois é mais rico do que o leite das demais espécies em quase todos os seus componentes. Outro alimento que se destaca por sua composição é a raiz de yacon. Rica em frutanos e ácidos fenólicos este alimento apresenta efeito prebiótico e antioxidante, respectivamente. O leite de ovelha e a yacon possuem características em sua composição que os tornam produtos de alta qualidade nutricional e tecnológica. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a avaliação das propriedades tecnológicas e funcionais de um iogurte simbiótico de leite de ovelha, usando a farinha de yacon (FY) como fonte prebiótica e cultura probiótica (*Bifidobacterium lactis* BLC 1). Inicialmente produziu-se a FY, realizando-se sua caracterização físico-química para verificação do seu potencial prebiótico e suas possíveis alegações funcionais. A farinha apresentou conteúdos significativos de fibra alimentar total e fruto-oligossacarídeo (FOS), podendo ser adicionada na fabricação de alimentos com potencial de alegação tanto de fonte de fibras como de FOS. Sendo assim, a FY produzida foi utilizada na formulação de iogurtes de leite de ovelha, visando seu potencial simbiótico. Os iogurtes foram caracterizados e a vida de prateleira acompanhada durante 28 dias. Os resultados mostraram ser possível a produção de iogurtes de leite de ovelha simbiótico, dentro do período analisado. As análises sensoriais aliadas aos aspectos físico-químicos e microbiológicos permitiram concluir que a melhor formulação para a próxima etapa deste estudo, seria o iogurte com 5% de FY e ausência de açúcar. Esta formulação foi utilizada como base na preparação dos iogurtes controle, prebiótico, probiótico e simbiótico de leite de ovelha administrados a quatro grupos de ratos (n=5) machos *Wistar*. A ingestão via gavagem foi realizada durante 45 dias, e após o período experimental os animais foram eutanasiados e realizadas as análises sorológicas, físico-químicas, microbiológicas e biomecânicas, no plasma sanguíneo, órgãos e fêmures. O grupo probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais de acordo com os resultados obtidos nas análises de lipídios excretados nas fezes, conteúdo de colesterol e triglicerídeos séricos. A administração de *Bifidobacterium lactis* aos grupos não apresentou efeito significativo no conteúdo mineral ósseo. Acredita-se que a quantidade de FY suplementada aos iogurtes não foi suficiente para promover alguns dos benefícios esperados. Contudo, a administração da FY promoveu uma melhora nas propriedades biomecânicas dos fêmures em relação ao grupo probiótico e controle. O desenvolvimento de alimentos com alegação funcional são cada vez mais pertinentes no contexto de prevenção de doenças e melhoria da qualidade de vida. A produção de derivados de leite ovino vem crescendo nos últimos anos, assim como os estudos referentes aos benefícios nutricionais desta matéria-prima. O uso da FY aliada ao leite de ovelha apresenta potencial tanto tecnológico como funcional, sendo necessários mais alguns estudos para melhor comprovação de tal alegação.

Palavras-chave: Alimento funcional, *Smallanthus sonchifolius*, simbiótico, parâmetros biológicos, propriedades biomecânicas.

ABSTRACT

STUDY OF THE EFFECTS OF YACON FLOUR AND *Bifidobacterium lactis* ON THE TECHNOLOGICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES SHEEP'S MILK YOGURT

AUTHOR: Ana Paula Gusso

ADVISER: Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

CO-ADVISER: Gilberti Helena Hübscher Lopes

Sheep milk has unrivaled characteristics for the elaboration of fine cheeses and yoghurts, since it is richer than the milk of the other species in almost all its components. Another food that stands out for its composition is the yacon root. Rich in fructan and phenolic acids this food has prebiotic and antioxidant effect, respectively. Sheep milk and yacon have characteristics in their composition that make them products of high nutritional and technological quality. In this context, the objective of the present work was the development and the evaluation of the technological and functional properties of a symbiotic yogurt of sheep's milk, using yacon flour (FY) as a prebiotic source and probiotic culture (*Bifidobacterium lactis* BLC 1). Initially the FY was produced, and its physical-chemical characterization was carried out to verify its prebiotic potential and its possible functional claims. The flour had significant contents of total dietary fiber and fructo-oligosaccharide (FOS), and it can be added in the manufacture of foods with potential of both fiber source and FOS. Therefore, the FY produced was used in the formulation of sheep milk yogurt, aiming at its symbiotic potential. The yogurts were characterized and the shelf life followed for 28 days. The results showed that it is possible to produce yogurts from symbiotic sheep milk, during the analyzed period. The sensorial analysis, combined with the physical-chemical and microbiological aspects allowed us to conclude that the best formulation for the next stage of this study would be yogurt with 5% FY and no sugar. This formulation was used as the basis for the preparation of control, prebiotic, probiotic and symbiotic ewes of sheep milk administered to four groups of *Wistar* male rats ($n = 5$). Ingestion via gavage was performed for 45 days, and after the experimental period the animals were euthanized and the serological, physical-chemical and microbiological and biomechanical analyzes were performed in the blood plasma, organs and femurs. The probiotic group presented a hypolipidemic effect in the animals according to the results obtained in the analysis of lipids excreted in feces, cholesterol content and serum triglycerides. Administration of *Bifidobacterium lactis* to the groups had no significant effect on bone mineral content. It is believed that the amount of FY supplemented to the yogurts was not enough to promote some expected benefits. However, FY administration promoted an improvement in the biomechanical properties of the femurs in relation to the probiotic and control groups. The development of food with functional claim are increasingly relevant in the context of disease prevention and quality of life improvement. The production of sheep milk derivatives has been growing in recent years, as have studies on the nutritional benefits of this raw material. The use of FY and sheep's milk has both technological and functional potential, and some studies are needed to better prove this claim.

Key words: Functional food, *Smallanthus sonchifolius*, symbiotic, biological parameters, biomechanical properties.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Leite de Ovelha e Derivados	15
3.2 Iogurte	20
3.3 Alimentos Funcionais.....	23
3.4 Probióticos, Prebióticos e Simbióticos.....	25
3.5 Artigo 1	28
4. DESENVOLVIMENTO	44
4.1 Artigo 2	44
4.2 Artigo 3	59
4.3 Artigo 4	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
6. CONCLUSÕES.....	103
ANEXOS.....	115

APRESENTAÇÃO

Esta tese segue as normas estabelecidas na Estrutura e Apresentação de Monografias, Dissertações e Teses – MDT da UFSM (UFSM, 2015). Este trabalho está dividido nos itens **Introdução, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento, Considerações Finais e Conclusões**. Dentro do item **Revisão Bibliográfica**, um artigo de revisão complementa os tópicos descritos. Os resultados estão apresentados sob a forma de três artigos científicos no item **Desenvolvimento**. As seções Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões assim como as Referências encontram-se nos artigos científicos e representam a íntegra deste trabalho. Os itens **Considerações Finais e Conclusões**, encontrados no final desta tese, apresentam uma compilação de interpretações e comentários gerais a respeito dos resultados demonstrados nos artigos científicos contidos neste trabalho. As **Referências** que encontram-se no final desta tese apontam somente às citações que aparecem nos itens **Introdução, Revisão Bibliográfica e Considerações Finais**.

1. INTRODUÇÃO

O iogurte é um dos produtos lácteos mais populares e amplamente consumido pela população. Sua popularidade se deve a várias alegações de saúde e benefícios terapêuticos, além do sabor agradável. O iogurte é produzido pela fermentação bacteriana do leite. As bactérias utilizadas em sua fabricação são geralmente *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. A fermentação da lactose por estas bactérias produz ácido láctico, o qual atua diretamente sobre as proteínas do leite, proporcionando textura cremosa e característica própria (SERAFEIMIDOU et al., 2012). Na produção do iogurte podem ser utilizados leites de diversas espécies animais, inclusive o leite de ovelha (BRANDÃO, 2002).

A composição do leite de ovelha permite que este seja transformado em produtos lácteos de alta qualidade com altos rendimentos por litro de leite (RIBEIRO et al., 2007). A produção de leite ovino tem sido vista como uma alternativa sustentável, de baixo investimento inicial e de fácil adoção pela mão de obra familiar, podendo melhorar a qualidade de vida dos pequenos e médios produtores rurais. Com exceção de algumas situações de economias de subsistência, em que o leite é consumido *in natura*, a maior parte do leite de ovelha obtido é transformada em queijo e, em menor escala, iogurte (SOUZA et al., 2005; CORRÊA et al., 2006; SUÁREZ e BUSETTI, 2006).

Segundo Rohenkohl et al. (2011), o leite de ovinos compreende um pequeno percentual do mercado total de leite. Em escala mundial, o leite de ovelhas corresponde cerca de 1,3% da produção de leite das principais espécies produtoras. Sua produção no Brasil em escala industrial, também é pequena. A cadeia ovina brasileira está focada na produção de carne e lã, já que os produtos lácteos de pequenos animais ruminantes (cabra, ovelhas) são considerados caros (NESPOLO et al., 2010). Apesar disso, a produção de leite de pequenos ruminantes ovinos, tem crescido ao longo dos anos e está agora em busca de novos mercados consumidores (BARŁOWSKA et al., 2011; SELVAGGI et al., 2014).

A indústria alimentícia vem utilizando fontes alternativas de vegetais com o intuito de fornecer produtos mais saudáveis e ricos em fibras. A yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pode ser considerada uma dessas novas fontes. As farinhas e extratos da yacon vêm sendo utilizadas na tecnologia de alimentos como fontes de fibras e têm demonstrado resultados relativamente satisfatórios nas análises físico-químicas e sensoriais. O interesse mundial na produção da batata yacon, principalmente pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas, deve-se ao fato dessa raiz tuberosa ser considerada um alimento funcional. Esse tubérculo apresenta

em sua composição compostos bioativos que oferecem benefícios para o organismo (VANINI et al., 2009).

Dentre os produtos fabricados com os derivados da yacon, estão o apesuntado (TEIXEIRA, 2011), iogurte *light* (VASCONCELOS, 2010), doce adicionado de diferentes geleificantes (MALDONADO e SINGH, 2008), bolo adicionado de farinha de yacon (ROSA et al., 2009) e pães de forma (ROLIM et al., 2010). As pesquisas relacionadas à área da saúde utilizando a yacon e seus derivados se destacam pelo potencial prebiótico, atividade antioxidante, melhora do sistema imune e redução da glicemia. Em função dos benefícios nutricionais e funcionais que a yacon apresenta, a farinha dessa raiz vem sendo estudada e utilizada como ingrediente em alimentos. O uso da yacon e seus derivados no desenvolvimento de novos produtos alimentícios são promissores, visto que suas propriedades funcionais estão sendo cada vez mais pesquisadas e comprovadas cientificamente (GUSSO, MATTANNA e RICHARDS, 2015).

De acordo com Williamson (2009), a preocupação com uma alimentação mais adequada e a procura pelo bem-estar tem direcionado as pesquisas para a busca de alimentos que, além de fornecer nutrientes, possam trazer benefícios à saúde humana e à qualidade de vida, surgindo assim os alimentos enriquecidos com nutrientes ou outras substâncias, denominados alimentos funcionais. A Resolução nº 18 de 30/04/1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), descreve que o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais pode, além de funções nutricionais básicas, produzir efeitos metabólicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). Entre os alimentos funcionais se incluem aqueles com propriedades prebióticas e/ou probióticos.

Segundo Roberfroid et al. (2010), os prebióticos são definidos como ingredientes que estimulam seletivamente o crescimento e/ou a atividade de um, ou um número limitado, de espécie/gênero de bactérias da microbiota, conferindo benefícios à saúde e bem estar do hospedeiro. Já os probióticos são “micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro” (FAO, 2001). O emprego de bactérias probióticas em produtos lácteos fermentados tem sido amplamente estudado devido às dificuldades de manutenção da viabilidade destes micro-organismos ao longo da estocagem refrigerada. Fatores como acidez e oxigênio dissolvido e interações entre espécies, práticas de inoculação e condições de estocagem podem influenciar na sobrevivência da microbiota probiótica em produtos lácteos fermentados (GALLINA et al., 2011).

Um produto alimentício contendo probióticos e prebióticos é definido como simbiótico (HOMAYOUNI et al., 2007). Os produtos simbióticos permitem uma sinergia entre probióticos e prebióticos, sendo que os micro-organismos probióticos obtêm carbono através da fermentação das substâncias prebióticas, mantendo sua viabilidade celular (GIBSON e RASTALL, 2006). A indústria de laticínios é a que apresenta maior possibilidade de crescimento no fornecimento de produtos funcionais, em especial no segmento de leites fermentados, através da utilização de culturas probióticas e de substâncias prebióticas (MEILE; LE BLAY e THIERRY, 2008).

Nos últimos anos, diversos estudos vêm mostrando os efeitos benéficos de leites fermentados, contendo micro-organismos probióticos e fontes prebióticas (ANTUNES; CAZETTO e BOLINI, 2005; KOMATSU; BURITI e SAAD, 2008; CASTRO et al., 2008; CRUZ, 2010; ROBERFROID et al., 2010; BURKERT, 2012; GULLÓN et al., 2013; LOLLO et al., 2013). Tais pesquisas são primordiais na prevenção de doenças e no embasamento científico para futuros estudos. Contudo, são raros os estudos que fazem uso do leite de ovelha na produção de alimentos funcionais. Assim como as respostas biológicas em ratos obtidas pela ingestão desses produtos. Sendo assim, a presente pesquisa é inovadora no intuito de avaliar as propriedades funcionais de iogurtes de leite de ovelha suplementados com farinha de yacon, como fonte prebiótica e *Bifidobacterium lactis*, fonte probiótica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver iogurtes adicionados da farinha de yacon e *Bifidobacterium lactis* (BLC 1) e avaliar suas características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e tecnológicas assim como seus possíveis efeitos benéficos à saúde através de ensaio biológico.

2.2 Objetivos Específicos

- Produção da farinha de yacon e caracterização quanto suas propriedades funcionais, tais como, conteúdo de fibra alimentar, frutanos, minerais e atividade antioxidante;
- Produção de iogurtes adicionados da farinha de yacon e *Bifidobacterium lactis* (BLC 1) e avaliação das características físico-químicas, microbiológicas, tecnológicas, sensoriais assim como a viabilidade das bactérias lácticas e probiótica durante a vida de prateleira;
- Avaliação dos efeitos da ingestão de iogurtes de leite de ovelha controle, prebiótico, probiótico e simbiótico sobre parâmetros biológicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Leite de Ovelha e Derivados

O leite de ovelha representa apenas 1,3% da produção global de leite, mas é utilizado principalmente na fabricação de queijos, como Roquefort, Pecorino e Serra da Estrela, com melhor rendimento e maior valor agregado, já que sua proporção em sólidos é maior do que a de leites de outros ruminantes (TSAKALIDOU e ODOS, 2012). No Brasil o leite de ovelha está em terceiro lugar em relação ao consumo, sendo muito apreciado devido ao seu aspecto nutricional (MERLIN JUNIOR et al., 2015).

Segundo Morais (2011), no Brasil, a ovinocultura para produção de leite se destaca nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Distrito Federal e Bahia. A produção nacional de leite de ovelha é de cerca de 200.000 L/ano. Poucos estudos têm sido realizados para avaliar a composição do leite de ovelha no Brasil (TICIANI et al., 2013), assim como de seus derivados e de novos produtos com apelo funcional.

Apesar da produção de leite ovino ser ainda uma atividade pouco conhecida, existem animais de raças com aptidão leiteira, como é o caso da Lacaune e da Bergamácia. Os primeiros ovinos da raça Lacaune foram trazidos ao Brasil em 1992. Esta raça originária da França está atualmente bem adaptada às condições de clima e alimentação do sul do Brasil. (SÁ et al., 2005; BRITO et al., 2006). A composição média do leite de ovelha da raça Lacaune, durante todo seu período de lactação, pode variar entre 6,85 a 7,78% para gordura, de 4,61 a 4,86% para proteína, entre 16,43 a 17,37% para extrato seco total e 4,37 a 4,57% para lactose (PELLEGRINI, 2012).

O leite de ovelha tem um alto valor nutricional quando comparado ao leite de outras espécies de mamíferos domésticos, pois tem maior conteúdo de proteínas, gordura, minerais e vitaminas essenciais (BALTHAZAR et al., 2015). O teor de gordura está relacionado com o rendimento do queijo e sua textura, em geral como pasta mole aqueles com maiores concentrações de gordura (MORAND-FEHR et al., 2007). A presença de proteína (caseína), também está intimamente relacionada com o rendimento do leite para produção de queijo. A coagulação enzimática depende do teor de cálcio presente no leite, imprescindível para que ocorra a agregação de toda a caseína e, posteriormente, a uniformidade do queijo (PARK, 2007). Segundo Cavalli et al. (2008), aproximadamente 5,5 L de leite de ovelha são

necessários para produzir 1 kg de queijo, enquanto 11 L de leite de vaca são requeridos para produzir a mesma quantidade de queijo.

O leite de ovelha possui propriedades benéficas à saúde, devido aos níveis de vitamina e minerais em sua composição (RAYNAL-LJUTOVAC et al., 2008). Os principais cátions em leite são cálcio, magnésio, sódio e potássio e os principais ânions são fosfato inorgânico, citrato e cloreto. Estes íons podem estar mais ou menos associados entre eles e com as proteínas (GAUCHERON, 2005). Em relação a composição dos ácidos graxos presentes no leite de ovelha, existe uma maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta e média. Essa característica é favorável à indivíduos com síndromes de má absorção lipídica, os quais possuem dificuldade em digerir e absorver triacilgliceróis de cadeia longa, e/ou portadores de enfermidades relacionadas à dificuldade de digestão e absorção de nutrientes (MORA-GUTIERREZ, 2007).

Embora a produção do leite de ovelha seja de importância marginal em comparação ao leite de vaca em termos quantitativos, é de interesse o incremento do consumo deste tipo de leite e seus derivados, visto que são animais amplamente adaptados aos mais diversos climas e encontrados em todos os sistemas de produção (CAMPOS, 2011). Produtos lácteos derivados de ovinos e caprinos podem proporcionar uma rentabilidade e alternativa aos produtores de leite de vaca, devido ao seu específico sabor, textura e sua imagem natural e saudável perante aos consumidores (RAYNAL-LJUTOVAC et al., 2008).

Como a produção de leite de ovelha é sazonal, a utilização de leite congelado pode ser uma alternativa para produzir queijos e iogurtes ao longo do ano (WENDORFF, 2001; KATILI et al., 2006). Contudo, a velocidade do congelamento pode afetar a qualidade do produto final, sendo que, no congelamento lento, ocorre a degradação de proteínas, acarretando problemas na formação da coalhada (BERGER, 2001). Além disso, o processo de congelamento apenas retarda a multiplicação de micro-organismos (PORCIONATO et al., 2008), sendo de extrema importância a qualidade da matéria-prima para evitar defeitos nos produtos produzidos.

Alguns estudos já foram realizados no sentido de avaliar a qualidade e o rendimento de derivados produzidos com leite de ovelha e cabra congelados. Os resultados apresentados puderam detectar algumas perdas no rendimento, entretanto, apresentando viabilidade da prática (CURI e BONASSI, 2007; FAVA, KÜLKAMP-GUERREIRO e PINTO, 2014). O congelamento do leite de pequenos ruminantes é regulamentado, no Brasil, apenas para o leite de cabra (Instrução Normativa nº 37/2000) (BRASIL, 2000). A IN 37 determina o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do leite de cabra no Brasil

(BRASIL, 2000). O leite de outras espécies seguem as mesmas determinações do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (1952), Art. nº 480 e 481 (BRASIL, 1952). Porém, para o leite de vaca, segue-se exclusivamente a Instrução Normativa nº 62/2011 (BRASIL, 2011).

Merlin Junior et al., (2015), ressaltam a necessidade de que o governo brasileiro estabeleça uma legislação específica para o setor ovino leiteiro, podendo estabelecer parâmetros bem definidos, e assim uma melhor qualidade do leite de ovelha possa ser alcançado. Apesar da ausência de um Regulamento Técnico específico para o leite e derivados ovinos, há uma tendência no aumento de estudos sobre a composição, desenvolvimento de novos produtos e benefícios do consumo dessa matéria-prima.

Balthazar et al. (2017) ressalta ainda, que o leite de ovelha tem sido utilizado para fabricação de diversos produtos alimentares em todo o mundo, como queijos de alto rendimento e sobremesas lácteas. A Tabela 1 demonstra alguns desses estudos relacionados a composição do leite ovino, desenvolvimento de novos produtos, mudanças físico-químicas e aspectos microbiológicos do leite de ovelha e seus derivados.

Tabela 1 - Estudos com derivados de leite de ovelha.

Título do estudo	Efeito observado	Referências
Os efeitos de determinados fatores sobre as propriedades do iogurte elaborado com leite de ovelha.	Verificou-se que os iogurtes de leite de ovelha, diferem nas suas propriedades, dependendo do tipo de cultura <i>starter</i> usada e o tempo de armazenamento. Os escores da avaliação sensorial ficaram compreendidos entre 4,5 e 4,9, numa escala de 1 a 5 (inaceitável e excelente).	Bonczar, et al., 2002.
Relação entre a contagem de células somáticas (CCS) e as propriedades do iogurte elaborado com leite de ovelha.	Os iogurtes elaborados com contagens de CCS elevadas tinham textura inadequada e a análise sensorial revelou que eles foram rejeitados por parte dos consumidores.	Vivar-Quintana, et al., 2006.
Aceitação e intenção de compra de sorvete de leite de ovelha adicionado de	O produto apresentou características sensoriais satisfatórias para o consumidor. Os julgadores expressaram	Silva, et al., 2011.

farinha de banana verde.	sua intenção de compra entre “provavelmente compraria”, e “certamente compraria”.	
Aceitação de queijo <i>petit suisse</i> elaborado com leite de ovelha.	O produto elaborado foi bem aceito pelos provadores. Sendo os atributos de sabor e aroma os que apresentaram as melhores notas.	Gusso et al., 2011.
Aceitabilidade de sobremesa láctea sabor chocolate com café formulada com leite de ovelha.	De modo geral a sobremesa láctea foi bem aceita pelos julgadores. As notas ficaram compreendidas entre 5 e 6 para todos os atributos avaliados, o que significa na escala hedônica “gostei” e gostei muito” respectivamente.	Cassanego et al., 2011.
Mudança no perfil de ácidos graxos, incluindo conteúdo de ácido linoléico conjugado (CLA), durante o armazenamento refrigerado de iogurte elaborado com leite de vaca e ovelha.	O armazenamento refrigerado resultou em uma diminuição significativa de CLA no iogurte de leite de vaca e um aumento em iogurtes de leite ovelhas. Além disso, verificou-se um aumento significativo nos ácidos graxos $\omega 3$ para os iogurtes de leite de ovelha no final do período de armazenamento.	Serafeimidou et al., 2013.
Aceitabilidade de iogurte de leite de ovelha com adição de Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis l.</i>)	Foi possível identificar que para o iogurte existe uma associação entre sabor, hábito de consumo, preço, características e valor nutricional. É possível produzir iogurte adicionado de alecrim com aceitabilidade utilizando leite de ovelha da raça Bergamácia.	Leal et al., 2013.
Isolamento, enumeração, identificação molecular e avaliação do potencial probiótico de bactérias lácticas isoladas a partir de leite de ovelha.	As bactérias isoladas do leite de ovelha apresentaram potencial probiótico. Contudo, mais estudos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> devem ser realizados para comprovar tais benefícios.	Acurcio et al., 2014.

Leite de Ovelha: Características físico-químicas e qualidade microbiológica.	Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite de ovelha são semelhantes aos apresentados na literatura, com exceção dos valores de lactose, densidade e acidez. A contagem de células somáticas apresentou níveis elevados e sugere a presença de animais infectados no rebanho.	Merlin Junior et al., 2015.
Processamento, composição e características sensoriais do iogurte feito a partir de leite de camelo e misturas de leite de camelo e ovelha	A adição de leite de ovelha ao de camelo melhora a qualidade e aceitação do iogurte de leite de camelo.	Ibrahim e El Zubeir, 2016.
Caracterização de iogurte de leite de ovelha <i>in natura</i> e saborizado com mirtilo (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	O iogurte de ovelha saborizado com 25% de mirtilo obteve a melhor aceitação sensorial e manteve as características de pH, acidez e cor adequadas durante os primeiros 45 dias de armazenamento.	Mior, Novello e Dinon, 2016.
O efeito do tratamento térmico não-padrão do leite de ovelha sobre as propriedades físico-químicas, características sensoriais e viabilidade bacteriana de iogurte clássico e probiótico.	Ao utilizar o tratamento térmico não padronizado (60 °C/5 min), foi possível produzir iogurtes de boa qualidade, durante o período de armazenamento dos mesmos. Com base nos resultados obtidos pode-se supor que existe uma probabilidade de que a temperatura não padronizada, além de preservar o valor nutricional pode aumentar o valor funcional do iogurte.	Zamberlin e Samarzija, 2017.
Avaliação de diferentes oligossacarídeos dietéticos prebióticos em sorvete de leite de ovelha.	A substituição da gordura do leite de ovelha por oligossacarídeos dietéticos prebióticos apresentou-se eficaz. Melhorando os aspectos nutricionais e promovendo a funcionalidade, influenciado pelas propriedades térmicas do sorvete de leite de ovelha.	Balthazar et al., 2017.

De acordo com Pellegrini (2012) a realização de pesquisas e a divulgação das particularidades e adequações nutricionais e tecnológicas desse tipo de leite tornam-se importantes para estimular a produção e melhor definir a tecnologia de processamento de derivados lácteos específicos.

3.2 Iogurte

O leite fermentado mais consumido e conhecido no Brasil é o iogurte (ANTUNES, 2001). Segundo a Instrução Normativa nº. 46 (BRASIL, 2007) e a Resolução nº 5/2000 (BRASIL, 2000), entende-se por iogurte, yogur ou yoghurt, o produto adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica, mediante ação de cultivos de micro-organismos específicos. Estes micro-organismos (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade. E, no caso em que se mencione o uso de bifidobactérias, a contagem será de no mínimo 10^6 UFC de bifidobactérias/g.

A origem do iogurte acredita-se ser situada no Oriente Médio ou na Índia. Os nômades, ao armazenar o leite sempre nos mesmos recipientes, foram selecionando uma microbiota que fermentava o leite e produzia um alimento de sabor agradável (ORDÓÑEZ, 2005, p. 67). O leite é o ingrediente básico no preparo do iogurte. Sua composição pode ser modificada para atender a aspectos econômicos, práticos e de aceitação do consumidor. Os tipos de iogurtes são classificados de acordo com seu estado físico na embalagem, com o teor de gordura, valor calórico contido e, por fim, se são adicionados ou não de frutas ou de aromas. As características físicas são influenciadas pelo processo de fabricação e pela formulação (OLIVEIRA, 2009, p. 280).

A tecnologia de fabricação de iogurtes, de modo geral, pode ser resumida nas seguintes operações: padronização do teor de sólidos do leite, homogeneização, tratamento térmico do leite padronizado, resfriamento até 40-45 °C, inoculação com micro-organismos específicos, incubação a 40-45 °C durante até 5 h, que deve resultar em coágulo firme com o pH de 4,6 a 4,7, resfriamento, quebra do gel, envase e armazenamento (ORDÓÑEZ et al., 2005, p.73).

Embora o teor de gordura possa estar presente ou ausente em função do sabor ou demanda de mercado, o componente crítico do leite a ser considerado na fabricação de iogurte

é o teor de sólidos não gordurosos (OLIVEIRA, 2009, p. 283). O aumento do teor de sólidos não gordurosos (lactose, proteína e matéria mineral) no leite tem como objetivo a valorização das propriedades físicas do produto (consistência firme, viscosidade e atributos sensoriais como o gosto e aroma). Para o aumento do teor de sólidos no iogurte, são utilizados leite em pó integral ou desnatado, produtos derivados de soro, como proteína e concentrado proteico, além de caseinatos (TAMIME e ROBISON, 1999).

Segundo Ordóñez et al. (2005), p. 75, o tratamento térmico do leite pode ser realizado através do uso de diversos binômios de temperatura/tempo. Contudo, parece que as condições ótimas para produção de iogurtes são de 80 a 85 °C durante 30 minutos em sistemas descontínuos e de 90 a 95 °C durante aproximadamente 5 minutos em sistemas de fluxo contínuo. Além de eliminar patógenos e outros micro-organismos indesejáveis, o tratamento térmico pode alterar as propriedades físico-químicas dos constituintes do leite, as quais são relevantes na produção do iogurte (TAMIME e ROBINSON, 1999).

A maioria dos estudos mostra que o tratamento térmico do leite aumenta a capacidade de retenção de água do iogurte. Durante o tratamento térmico, a principal mudança que ocorre no leite é a desnaturação e agregação das proteínas do soro com as caseínas e os glóbulos de gordura. As quantidades das proteínas do soro ligadas às caseínas são muito maiores do que as quantidades ligadas aos glóbulos de gordura (SONDINI et al., 2004).

Durante a fermentação a lactose é degradada pelo complexo enzimático das bactérias lácticas com consequente acidificação, resultando na produção de ácido láctico, favorecendo a redução do pH e, por consequência, a precipitação das proteínas do leite. Esse processo, bem como outros tratamentos tecnológicos aplicados ao leite durante o processamento do iogurte, tratamento térmico e homogeneização, têm impacto decisivo sobre a estrutura das proteínas e lipídios presentes (FERREIRA, 2001; BEZERRA, 2010).

A proteólise das proteínas do leite durante a fermentação gera peptídeos e aminoácidos que contribuem para a formação de compostos aromáticos (LIU et al., 2008). Os metabólitos típicos do sabor do iogurte natural são gerados pelas culturas iniciais. Os compostos responsáveis por este sabor consistem principalmente em ácido láctico, acetaldeído e diacetil (GALLARDO-ESCAMILLA, KELLY e DELAHUNTY, 2005; PINTO, CLEMENTE, e DE ABREU, 2009). Em geral, as propriedades do iogurte, tal como valor de acidez, teor de ácidos graxos livres, produção de compostos de aromáticos, bem como o perfil sensorial e o valor nutricional, são características importantes no desenvolvimento do produto (BONCZAR et al., 2002).

O iogurte é considerado um alimento saudável que apresenta um papel importante nos hábitos alimentares de diversas nações, independente do nível de desenvolvimento socioeconômico (CAPDEVILA et al, 2003; LOWEL e WORSLEY, 2003; DE ALMEIDA et al, 2006; ZHU et al, 2009). Segundo Brandão (2002), o iogurte também é classificado como um alimento funcional e seu consumo regular pode reduzir as chances de ocorrência de doenças cardiovasculares, osteoporose e problemas intestinais.

Adicionalmente, trata-se de um produto com reputação positiva na memória dos consumidores. Sua simples ingestão tem sido associada a inúmeros benefícios à saúde, tais como melhora no sistema imunológico (MEYDANI e HA, 2000), redução de atividade de tumores (PERDIGON; VALDEZ e RACHID 1998) e efeitos anti-inflamatórios para alívio da síndrome do intestino irritável (GOBBATO et al, 2008), entre outros. Isso o capacita como alimento mais adequado para a suplementação de bactérias probióticas, na opinião de consumidores em todo o mundo (HAILU et al, 2009; SIEGRIST; STAMPFLI e KASTENHOLZ, 2008).

O desenvolvimento de iogurtes suplementados com bactérias probióticas requer, obrigatoriamente, total atenção na etapa de fermentação. As cepas microbianas devem apresentar compatibilidade, tanto do iogurte normal como das probióticas a serem utilizadas no processo, evitando problemas de inibição pela produção de ácidos, peróxidos, bacteriocinas e outros produtos de seu metabolismo, que podem influenciar na logística e no rendimento do processo, bem como no produto final (SAAD, CRUZ e FARIA, 2011, p. 284). Outro ponto a ser observado é que as bactérias probióticas crescem lentamente no leite pela falta de atividade, assim, requerem a adição de fatores de crescimento e/ou aminoácidos livres para melhorar sua multiplicação proteolítica (DAVE e SHAH, 1997).

Gallina et al. (2011), ainda enfatizam que o emprego de bactérias probióticas em produtos lácteos fermentados tem sido amplamente estudado devido às dificuldades de manutenção da viabilidade destes micro-organismos ao longo da estocagem refrigerada. Fatores como acidez e oxigênio dissolvido, interações entre espécies, práticas de inoculação e condições de estocagem podem influenciar na sobrevivência da microbiota probiótica nesses produtos.

Os dados científicos disponíveis sobre a qualidade do iogurte de ovelha são relativamente pequenos. No entanto, nos últimos anos, o número de trabalhos de investigação aumentaram, isso devido ao maior valor nutricional e fisiológico do iogurte de leite de ovelha em relação ao iogurte feito a partir de leite de vaca (PARK et al., 2007; POLITIS e THEODOROU, 2016). O reconhecimento e aceitação dos derivados do leite de ovelha vem

crecendo e estimulando a oferta de novos produtos no mercado nacional (MIOR, NOVELLO e DINON, 2016). Adicionalmente, na área de laticínios, a produção de iogurtes e leites fermentados funcionais possui grande aceitação pelo público em geral e apresentam excelente valor nutritivo, sendo considerados os “veículos” mais utilizados para o consumo de probióticos (ANTUNES et al., 2007).

3.3 Alimentos Funcionais

A preocupação com uma alimentação mais adequada e a procura pelo bem-estar tem direcionado as pesquisas para a busca de alimentos que, além de fornecer nutrientes, possam trazer benefícios à saúde humana e à qualidade de vida, surgindo assim os alimentos enriquecidos com nutrientes ou outras substâncias, denominados alimentos funcionais (WILLIAMSON, 2009).

O termo alimento funcional foi definido inicialmente no Japão, durante a década de 1980, como “alimento para uso específico de saúde” (FDA, 2004). O conceito contemporâneo refere-se aos alimentos funcionais como alimentos enriquecidos com nutrientes ou outras substâncias que fornecem benefícios à saúde do hospedeiro além do seu valor nutricional (WILLIAMSON, 2009). Os alimentos funcionais também são chamados de nutracêuticos, alimentos desenhados, alimentos medicinais, alimentos terapêuticos, superalimentos (SHAH, 2007). Esses alimentos possuem potencial para promover a saúde via mecanismos não previstos mediante a nutrição convencional, devendo ser salientado que esse efeito se restringe à promoção da saúde e não à cura de doenças (SANDERS, 1999).

Os alimentos funcionais podem estar relacionados à redução do risco de certas doenças, tais como câncer, hipertensão, diabetes, artrites e cardiopatias, incentivando o desenvolvimento de projetos para a caracterização de alimentos e/ou ingredientes que possuem propriedades terapêuticas, além das funções nutricionais normais. Estes alimentos poderiam melhorar as condições de saúde, promover o bem estar, prevenindo o surgimento precoce de doenças degenerativas, e conseqüentemente, reduzir a escalada dos custos nacionais da previdência social com o amparo à saúde (MORAES e COLLA, 2006; CICHOSKI et al., 2008).

Os alimentos funcionais representam grande área de estudo em todo o mundo e um mercado altamente promissor. De acordo com estimativas, o mercado brasileiro de produtos funcionais cresce cerca de 20% ao ano, sendo que os iogurtes em geral representam 80% do mercado de refrigerados (GALLINA, 2011). O potencial de mercado global para alimentos e

bebidas funcionais foi estimado em US \$ 192 bilhões até 2020. Apesar de crescerem em um bom ritmo, o desenvolvimento destes produtos alimentícios pode ser um desafio para os fabricantes de alimentos, uma vez que as empresas precisam garantir tais produtos e apresentar idéias que atendam às expectativas dos consumidores (MENEZES et al., 2011; URALA e LAHTEENMAKI, 2007).

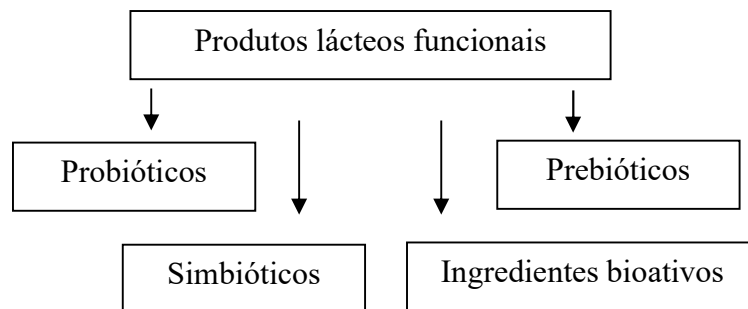
Diversos estudos destacam a importância de alguns determinantes na aceitação de alimentos funcionais, tais como fonte de informação, conhecimento, fatores cognitivos e de atitude, confiança, neofobia, tecnologia de alimentos, conveniência, gosto, etc (KAUR e SINGH, 2017). A relação entre alimentação e saúde é conhecida por ser uma das chaves para a prevenção de doenças e promoção de bem-estar. Na verdade, é sobre essa base que tem havido um grande crescimento no mercado de alimentos funcionais (FARVIN et al., 2010).

Um alimento funcional pode ser elaborado através do aumento da concentração, adição ou melhoramento da biodisponibilidade de um determinado componente em um produto tradicionalmente consumido, permanecendo este, na mesma categoria (SIRÓ, 2008; SANGWAN et al., 2011). Neste segmento, destacam-se aqueles alimentos incluídos de micro-organismos probióticos, especialmente os produtos lácteos probióticos, que detêm imensa popularidade e representam a maior parcela do mercado mundial de alimentos funcionais (AGRAWAL, 2005; SIRÓ et al., 2008).

Segundo a ANVISA, o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais deve, “além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzirem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999). Alegações de funcionalidade em alimentos prebióticos podem ser utilizadas desde que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3 g do ingrediente prebiótico se o alimento for sólido ou 1,5 g se o alimento for líquido (BRASIL, 2008).

De acordo com Oliveira (2009, p. 11) não há dúvidas de que os produtos lácteos sejam alimentos funcionais. Estes são uma das melhores fontes de cálcio, nutriente essencial que pode prevenir a osteoporose e, possivelmente, o câncer de cólon. A indústria de produtos lácteos encontra-se em posição excelente para desenvolver e explorar o mercado de alimentos funcionais. A Figura 1 traz um esquema geral das possibilidades de produtos lácteos funcionais.

Figura 1 - Esquema geral dos produtos lácteos funcionais.



Fonte: (OLIVEIRA, 2009, p. 13).

3.4 Probióticos, Prebióticos e Simbióticos

O uso de probióticos, prebióticos e simbióticos está emergindo como uma terapia promissora que é geralmente segura em diferentes contextos clínicos (OLIVEIRA e GONZÁLEZ-MOLERO, 2016). Diversas definições de probióticos já foram publicadas, entretanto, a definição atualmente aceita internacionalmente é a de micro-organismos vivos, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO, 2001; SANDERS, 2003). Dentre os probióticos mais estudados e amplamente empregados como ingredientes funcionais, destacam-se as bactérias lácticas, particularmente do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (ROBERFROID, 2007; WANG, 2009; KARIMI; SOHRABVANDI e MORTAZAVIAN, 2012).

Probióticos, especialmente bifidobactérias, tem uma longa história de segurança na sua utilização em leites fermentados. Estes micro-organismos são considerados como GRAS (*Generally Recognized as Safe*), ou seja, consideradas seguras para uso em alimentos pelo *Food and Drug Administration* (FDA) (FAO, 2006). Oliveira e González-Molero (2016), descrevem que os alimentos fermentados que contêm micro-organismos vivos muitas vezes não satisfazem o conceito de probióticos se seus efeitos não tiverem sido especificamente estudados e/ou a quantidade que contém não for conhecida. Por outro lado, alguns alimentos fermentados, como o iogurte, podem ser considerados em algumas circunstâncias probióticos com base em alguns efeitos específicos. Por exemplo, se houver evidência de que melhoram a digestão de lactose em indivíduos com intolerância à lactose. Os benefícios não dependem

apenas do menor teor de lactose do produto, mas também do fato de que as bactérias probióticas também aumentam a atividade da lactase no intestino delgado.

Dentre os benefícios à saúde do hospedeiro atribuídos à ingestão de culturas probióticas, os que mais se destacam são a diminuição da população de patógenos (KOTZAMPASSI e GIAMARELLOS-BOURBOULIS, 2012), a estabilização da microbiota intestinal (SAAD et al., 2013), o aumento da absorção de minerais (NITSCHKE e UMBELINO, 2002), o alívio da constipação (WEICHSELBAUM, 2009), a estimulação do sistema imune (AURELI et al., 2011), a prevenção de infecções urogenitais (ANUKAM et al., 2006), os efeitos inibitórios sobre a mutagenicidade (COMMANE et al., 2005), a diminuição do risco de doença cardiovascular, a redução dos níveis séricos de colesterol e os efeitos anti-hipertensivos (NAGPAL et al., 2012).

Os resultados de novas pesquisas indicam que os probióticos também proporcionam benefícios à saúde bucal, prevenindo a cárie, ajudando o tratamento de doenças periodontais, tratamento da halitose e redução da quantidade de bactérias relacionados à patologia oral (HAUKIOJA, 2010; CAGETTI et al., 2013).

Na produção de um alimento probiótico é fundamental que o micro-organismo possa ser cultivado em escala industrial, sendo que o produto final deve ter vida média satisfatória, propriedades sensoriais aceitáveis e um número de células viáveis presentes no produto maior do que seis \log_{10} UFC mL^{-1} ou g^{-1} durante toda a sua validade (FARIA; BENEDET e GUERROUE, 2006). Segundo a ANVISA (BRASIL, 2008) a quantidade mínima viável para os probióticos deve estar situada na faixa de 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colônias (UFC) na recomendação diária do produto pronto para o consumo, conforme indicação do fabricante. Valores menores podem ser aceitos, desde que a empresa comprove sua eficácia.

Folign; Daniel e Pot (2013) relatam que a viabilidade das bactérias probióticas no alimento é importante para a saúde do consumidor. Portanto, estes micro-organismos devem sobreviver a condições adversas durante o processamento e armazenamento (variações de pH, temperatura e exposição ao oxigênio), além de resistir ao trânsito gastrointestinal. A viabilidade de micro-organismos probióticos em iogurte também depende das linhagens usadas, da interação entre as espécies presentes, das condições de cultivo, da produção de peróxido de hidrogênio devido ao metabolismo bacteriano, da acidez final do produto e da concentração dos ácidos láctico e acético (SHAH, 2000), dentre outros fatores.

Adicionalmente, é reportado que materiais de embalagem usados e as condições de estocagem são fatores importantes para a qualidade de produtos contendo micro-organismos probióticos, já que o metabolismo desse grupo microbiano é essencialmente anaeróbio ou

microaerófilo (MATTILA-SANDHOLM et al., 2002). Dessa forma nível de oxigênio ao longo da estocagem do produto deve ser o mínimo possível para não resultar em toxicidade e morte do micro-organismo e conseqüente perda da funcionalidade do produto (CRUZ, 2010).

Os prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis que conferem benefícios à saúde do hospedeiro, mediante estimulação específica da microbiota intestinal, tais como as bifidobactérias (RASTALL e GIBSON, 2015). O termo prebiótico foi introduzido por Gibson e Roberfroid (1995) e passou a englobar ingredientes alimentares não digeríveis com atividade bifidogênica, ou seja, capazes de estimular o crescimento e/ou a atividade de algumas bactérias presentes no cólon, afetando benéficamente o hospedeiro. Segundo estes autores, carboidratos não digeríveis (oligossacarídeos e polissacarídeos), alguns peptídeos e proteínas e certos lipídios (ésteres) são considerados ingredientes prebióticos.

O que diferencia os ingredientes prebióticos das demais fibras alimentares é a fermentação seletiva pelo grupo de bactérias colônicas benéficas, em especial lactobacilos e bifidobactérias. Os prebióticos têm sido incorporados com sucesso em uma ampla variedade de produtos como pães, iogurtes, barras de cereais, sucos e shakes substitutos de refeição (SANGWAN et al., 2011). Estima-se que uma ingestão adequada de prebióticos, para conferir benefícios à saúde do consumidor, oscile entre 5 e 15 g/dia (ROBERFROID, 2002), inferior à ingestão de fibras alimentares totais (25 g/dia) (JACOB e PRAPULLA, 2012).

Alguns efeitos atribuídos aos prebióticos são a modulação da microbiota gastrointestinal, melhora das funções intestinais (trânsito intestinal, regularidade e consistência das fezes), aumento da absorção de alguns minerais, como o cálcio, por exemplo, regulação/modulação da função imune, modulação da saciedade e redução do risco de infecções intestinais, diabetes tipo 2, obesidade e síndrome do intestino irritado (HOLZAPFEL, 2006; ROBERFROID, 2010).

A associação dos prebióticos e probióticos possui amplo destaque na categoria de alimentos funcionais. Quando estes estão contidos em um produto, agindo de forma em que o primeiro favoreça seletivamente o segundo, tem-se um produto simbiótico (SCHREZENMEIR e DE VRESE, 2001; HOMAYOUNI et al., 2007). Os produtos simbióticos permitem uma sinergia entre probióticos e prebióticos, sendo que os micro-organismos probióticos obtêm carbono através da fermentação das substâncias prebióticas, mantendo sua viabilidade celular (GIBSON e RASTALL, 2006).

Um exemplo de simbióticos são os iogurtes probióticos acrescidos de fruto-oligossacarídeos – FOS (prebiótico). Podem ser classificados como componentes dietéticos funcionais que aumentam a sobrevivência e favorecem o crescimento dos probióticos durante

a passagem pelo trato digestivo, pelo fato de seu substrato estar disponível para fermentação (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

3.5 Artigo 1

Ciência Rural, v. 45, n. 4, p. 912-919, 2015

Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas

Yacon: health benefits and technological applications

Ana Paula Gusso^{*I} Paula Mattanna^I Neila S. P. S. Richards^{II}

- Revisão Bibliográfica -

RESUMO

No início dos anos 90, foi introduzido na cultura Brasileira o plantio da batata yacon, uma raiz tuberosa, que vem despertando grande interesse por parte dos pesquisadores, devido as suas propriedades nutricionais e tecnológicas. Essa raiz caracteriza-se principalmente por ser rica em frutanos e ácidos fenólicos, apresentando efeito prebiótico e antioxidante, respectivamente. Muitos estudos *in vivo* e *in vitro* já foram realizados, utilizando este tubérculo e seus derivados, comprovando suas atividades benéficas à saúde, além deter grande potencial na tecnologia do desenvolvimento de novos produtos alimentícios. A presente revisão objetivou agrupar alguns desses estudos, tanto na área da saúde como na da tecnologia de alimentos. O potencial prebiótico, redução do índice glicêmico e a melhora na saúde óssea são os efeitos que se destacam nas pesquisas *in vivo*. Percebe-se também uma tendência na elaboração de produtos de panificação utilizando-se a farinha de yacon, e os resultados apresentam-se satisfatórios, tanto nas propriedades tecnológicas quanto nas avaliações sensoriais.

Palavras-chave: alimento funcional, *Smallanthus sonchifolius*, saúde e tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

In the early nineties was introduced in Brazil the yacon potato planting. This tuberous roots have been attracting interest from researchers due to their nutritional and technological properties. Yacon is its mainly characterized by being rich in fructans and phenolic acids, with

prebiotic and antioxidant effects, respectively. Many studies *in vivo* and *in vitro* were carried out with yacon and products produced from it, showing its health benefits, besides having great technological potential for developing new food products. This review aimed to outline some of these studies, in both health and food technology. The prebiotic potential, glycemic index reduction and improvement of bone health are the effects that stand out in the *in vivo* researches. It can be noted a trend for bakery products formulations using yacon flour, and the outcomes were positive for both technological properties as well as for sensory evaluations.

Keywords: functional food, *Smallanthus sonchifolius*, health and food technology.

INTRODUÇÃO

O interesse mundial na produção da batata yacon, principalmente pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas, deve-se ao fato de essa raiz tuberosa ser considerada um alimento funcional, apresentando em sua composição compostos bioativos que oferecem benefícios à saúde (VANINI et al., 2009). Dentre os componentes bioativos presentes na yacon e seus derivados, destacam-se os frutanos, do tipo inulina, e fruto-oligossacarídeos (FOS) (SANTANA & CARDOSO, 2008). Também se fazem presentes compostos fenólicos, tais como ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido cafeico (TAKENAKA et al., 2003), além de flavonoides, como a quercetina (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003).

Os derivados desse tubérculo também apresentam grandes potencialidades na medicina preventiva. OLIVEIRA et al. (2013) demonstraram que o consumo de extrato aquoso de raízes de yacon pode aumentar o colesterol bom (HDL, High-density lipoprotein), reduzir o colesterol total, triglicerídeos e outras lipoproteínas. Estes resultados foram obtidos através de análises sorológicas realizadas em ratos machos adultos (Wistar), alimentados com o extrato. Na pesquisa conduzida por TOSTES et al. (2014), os autores constataram que o consumo de alimentos fortificados com farinha de yacon melhorou o sistema imune de crianças com idade entre dois e cinco anos.

As farinhas e extratos da yacon vêm sendo utilizadas na tecnologia de alimentos como fontes de fibras e têm demonstrado resultados relativamente satisfatórios nas análises físico-químicas e sensoriais. Dentre os produtos fabricados com os derivados da yacon, estão o apesuntado (TEIXEIRA, 2011), iogurte *light* (VASCONCELOS, 2010), doce adicionado de diferentes geleificantes (MALDONADO & SINGH, 2008), bolo adicionado de farinha de yacon (ROSA et al., 2009) e pães de forma (ROLIM et al., 2010).

Diante das recentes pesquisas envolvendo a batata yacon e seus derivados, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura para demonstrar as potencialidades da yacon, tanto na prevenção de doenças quanto na aplicação da tecnologia de alimentos.

Características da Yacon

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

Segundo SEMINARIO & VALDERRAMA (2003), a yacon é uma planta perene e herbácea que mede entre um e 2,5 metros de altura e apresenta um sistema de raiz composto de 4 a 20 tubérculos. O peso das raízes de reserva pode variar de 50 a 1000 gramas, porém, mais comumente varia entre 300 e 600 gramas. Uma planta produz em média entre 2 e 4kg de raízes de reserva. 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).

Poucas espécies se adaptam a diferentes ecossistemas como a yacon. Segundo ROBINSON (1997), essa planta pode ser cultivada em altitudes variadas, como ocorre na Bolívia, Equador e Peru, onde é cultivada em altitudes entre 900m e 3.500m acima do nível do mar; na Argentina, é cultivada entre 600m e 2.500m; no Brasil, entre 600m e 800m; ou ao nível do mar, como no Japão e na Nova Zelândia.

O consumo da yacon varia, mas ela é consumida preferencialmente *in natura*. Tem sabor adocicado e refrescante. Podem ser cozidas ou desidratadas na forma de chips. Quando o suco da yacon é colocado para ferver, transforma-se em blocos de açúcar e é chamado de “chancaca” pelos nativos dos Andes (SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003).

Yacon fonte de frutanos e compostos fenólicos

Diferente da maioria das raízes que armazenam carboidratos na forma de amido, a yacon e várias plantas da família *Asteraceae* armazenam os carboidratos na forma de frutano (GENTA et al., 2009). Os frutanos são carboidratos de reserva na forma de polímeros de D-frutose, unidos por ligações tipo β (2 \rightarrow 1), e apresentam uma glicose na extremidade da cadeia

(ROBERFROID, 2007). Dependendo do comprimento da cadeia, definido pelo número de unidades de monossacarídeos, denominado grau de polimerização (DP), tem-se a inulina e os fruto-oligossacarídeos (SAAD, 2006). O grau de polimerização da inulina varia entre 2 e 60 e dos fruto-oligossacarídeos entre 2 e 9 (BIEDRZYCKA & BIELECKA, 2004).

Os frutanos são capazes de resistir à hidrólise pelas enzimas digestivas do corpo humano e, dessa forma, passam por meio do trato digestivo sem serem metabolizados, fornecendo baixo conteúdo energético ($1,5\text{kcal/g}^{-1}$) e exercendo funções semelhantes à fibra alimentar (AYBAR et al., 2001; GENTA et al., 2009).

De acordo com VILHENA et al. (2000), os órgãos subterrâneos da yacon, recém colhida, contêm de 60% a 70% de frutanos do tipo inulina e fruto-oligossacarídeos, respectivamente. A maior concentração de FOS na yacon é observada quando a raiz é colhida no período entre a 31^a e 35^a semanas após o plantio (OLIVEIRA & NISHIMOTO, 2004). Ao atingir a maturidade, a tendência dos FOS é se degradarem em compostos menores como frutose, glicose e sacarose (GRAEF et al., 2004).

O fenômeno de despolimerização, ou seja, conversão de FOS em monômeros, foi verificado durante o período de armazenamento das raízes de yacon, nos estudos realizados por ASAMI et al. (1991), SEMINARIO & VALDERRAMA (2003) e GRAEF et al. (2004). Este processo de mudança na composição química ocorre devido à ação da enzima frutano hidrolase (FH), que converte os FOS em glicose, frutose e sacarose. No entanto, a velocidade desta conversão é mais lenta se a yacon é armazenada em temperaturas de refrigeração. Em todos os trabalhos, verificou-se que as menores temperaturas permitiram uma melhor conservação dos FOS. Portanto, quando usadas como fonte de FOS, as raízes de yacon devem ser consumidas logo após a colheita ou armazenadas sob refrigeração, impedindo assim a conversão dos FOS (GRAEF et al., 2004; MANRIQUE et al., 2005).

Pesquisadores também confirmaram a presença de compostos fenólicos tanto nas folhas quanto nas raízes tuberosas de yacon. Alguns dos compostos identificados são o ácido cafeico e seus derivados, ácido clorogênico e L-triptofano. Em comparação a outras raízes e tubérculos, as raízes da yacon possuem elevada quantidade de compostos fenólicos, cerca de $200\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ de matéria fresca comestível (SIMONOVSKA et al. 2003; VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ 2003; TAKENAKA, 2003).

Aspectos funcionais da batata e seus derivados

O efeito benéfico de determinados tipos de alimentos sobre a saúde do hospedeiro é conhecido há muito tempo (OLIVEIRA, 2009). Apesar disso, o termo alimento funcional foi

definido inicialmente no Japão, durante a década de 1980, como “alimento para uso específico de saúde”. O conceito contemporâneo refere-se aos alimentos ou nutrientes cuja ingestão leva a importantes mudanças fisiológicas ao organismo, isoladas ou distintas daquelas associadas ao seu papel como nutriente (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2004). Com base em sua composição, surge a hipótese de que a yacon pode ser considerada um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias bioativas como os FOS, inulina e compostos fenólicos (RIBEIRO, 2008).

Quando ingeridos pelo homem, os frutanos atingem o cólon, onde são fermentados pela microbiota, composta principalmente de bifidobactérias. Pela ação dessas bactérias, são liberados ácidos graxos de cadeia curta (*short chain fatty acids*, SCFA) como ácido acético, propiônico e butírico, além de CO₂, CH₄ e H₂ (WANG & GIBSON, 1993). Com a produção de ácidos de cadeia curta, a absorção de cálcio, ferro e magnésio é facilitada. Com 15 g de FOS por dia, a absorção de Ca⁺⁺ é aumentada em 10,8% em humanos (GIBSON & ROBERFROID, 1995).

No Brasil, de todos os benefícios atribuídos à 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 na yacon são frutoses, e este monossacarídeo não é dependente de insulina para ser captado pelas células para sua utilização, não elevando dessa forma os níveis de glicose no sangue. (SEMINÁRIO&VALDERRAMA, 2003; RIBEIRO, 2008).

Além disso, estudos sugerem que os FOS e a inulina presentes na yacon, podem atuar na inibição dos estágios iniciais do câncer de cólon, reduzir os níveis de colesterol, pressão arterial e glicose no sangue. Também atuam melhorando a regularização da função intestinal, através da eliminação de bactérias patogênicas e putrefativas por efeito da multiplicação das bifidobactérias (GIBSON & ROBERFROID, 1995; AYBAR et al., 2001; GUIGOZ et al., 2002; PEREIRA & GIBSON, 2002; COUNDRAY et al., 2003; ALBUQUERQUE & ROLIM, 2011; LOBO et al., 2011; DE MOURA et al., 2012).

O efeito antioxidante das raízes de yacon foi avaliado no estudo realizado por CASTRO et al. (2012). Os autores relataram que a atividade antioxidante permanece nas amostras secas e que a retenção da atividade antioxidante é dependente do método de secagem utilizado e da geometria das amostras. Neste estudo, confirmou-se que temperaturas de secagem próximas a 50°C e batatas cortadas na forma de tiras, resultam em uma melhor retenção da atividade antioxidante da yacon. De acordo com MAYDATA (2002), os compostos fenólicos têm como propriedades gerais serem antioxidantes. Dessa forma,

exercem efeitos quelantes e modulam as atividades de vários sistemas enzimáticos, de modo a atuar majoritariamente na dieta, como elementos que promovem saúde ante aos fatores químicos e físicos estressantes para o organismo.

Diversas pesquisas foram e estão sendo realizadas com o intuito de avaliar as propriedades funcionais da yacon e seus derivados. Algumas delas podem ser visualizadas na Tabela 1.

Potencialidades da yacon na tecnologia de alimentos

O modo de consumo da yacon pode variar de acordo com sua utilização, mas é consumida preferencialmente *in natura*, por apresentar sabor adocicado e refrescante (SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003). Nos mercados andinos, a yacon é classificada como fruta e é exposta juntamente com as maçãs, os abacates e os abacaxis, em vez de ser colocada com as batatas e outras culturas de tubérculos e raízes (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003).

A yacon tem a aparência de batata doce e o seu sabor tem sido descrito como levemente adocicado, lembrando o sabor da melancia, tendo crocância de uma maçã recém-colhida. A casca da yacon apresenta uma cor que varia de marrom a uma tonalidade arroxeada, enquanto a porção comestível pode ser branca, amarela, laranja ou roxa, dependendo da quantidade de pigmentos presentes na raiz (MANRIQUE et al., 2005). A desidratação da yacon, para obtenção de farinha tem se mostrado interessante, não só por aumentar a sua vida útil, mas também por facilitar sua incorporação na formulação de bolos, biscoitos, doces, sucos, dentre outros (SILVA, 2007).

Outra opção de comercialização e agregação de valores comerciais à yacon é a produção de sucos, que podem ser facilmente incorporados à dieta de diabéticos e da população em geral. No início da década de 90, foram desenvolvidas no Japão bebidas a partir da yacon branqueada, moída e submetida à ação de celulases a 45°C por duas horas. O suco é utilizado como adoçante em formulações prontas para beber (QUINTEROS, 2000). HISAE et al. (1996) patentearam uma metodologia para preparar bebida nutritiva a partir de leite desnatado e suco de yacon fermentado pela ação das bactérias lácticas (*Lactococcus plantarum*). Inúmeras pesquisas foram e estão sendo desenvolvidas na área da tecnologia de alimentos utilizando a yacon e seus derivados, algumas delas são exemplificados na tabela 2.

Segundo SILVA (2007), a indústria de panificação tem investido na tecnologia de alimentos ao elaborar produtos a partir de matérias-primas não convencionais, como a yacon, tendo um perfil nutricional em média de 65% de carboidrato, 8g de proteínas, pobre em

lipídeos (0,52g) e rico teor de fibra alimentar (3,6g). Considerando tais características, esses produtos apresentam-se como alternativas alimentares de excelente valor nutritivo e funcional.

Os frutanos presentes na yacon não necessitam de insulina para seu metabolismo, um dos fatores que justifica o desenvolvimento de novos produtos utilizando a yacon como alternativa de substituição ao açúcar, destinados a pacientes diabéticos. Esses compostos bioativos, inulina e FOS, são promissores na aplicação clínica, pois, além de melhorar a saúde intestinal, somam benefícios funcionais em indivíduos portadores de diabetes (ALBUQUERQUE & ROLIM, 2011).

CONCLUSÃO

As pesquisas relacionadas à área da saúde utilizando a yacon e seus derivados se destacam pelo potencial prebiótico, atividade antioxidante, melhora do sistema imune e redução da glicemia. Em função dos benefícios nutricionais e funcionais que a batata yacon apresenta, a farinha dessa raiz vem sendo desenvolvida e utilizada como ingrediente em alimentos. O uso da yacon e seus derivados no desenvolvimento de novos produtos alimentícios são promissores, visto que suas propriedades funcionais estão sendo cada vez mais pesquisadas e comprovadas cientificamente.

Percebe-se que há uma tendência na elaboração de produtos de panificação utilizando-se a farinha de yacon, e os resultados apresentam-se satisfatórios, tanto na tecnologia quanto nas avaliações sensoriais. O sabor adocicado da yacon, característico dos frutanos, favorece o desenvolvimento de produtos nesse segmento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa de doutorado concedida. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria, pelo apoio neste estudo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E.N.; ROLIM, P.M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes *Mellitus*. **Revista Ciências Médicas**, v.20, n.3-4, p.99-108, 2011. Disponível em: <<http://200.18.252.94/seer/index.php/cienciasmedicas/article/viewFile/584/564>>.

ASAMI, T. et al. 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.

AYBAR, M.J. et al. Hypoglycemic effect if the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacol**, v.74, n.2, p.33-37, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00351-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00351-2)>. doi: 10.1016/S0378-8741(00)00351-2.

BIEDRZYCKA, E.; BIELECKA, M. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, p.170-175, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.014>>.. doi:10.1016/j.tifs.2003.09.014.

CAMPOS, D. et al. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) a source of fructo-oligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.135, p.1592-1599, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>>. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.088.

CASTRO, A. et al. Antioxidants in yacon products and effect of long term storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.3, p.432-435, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000064>>. doi:10.1590/S0101-20612012005000064.

COUNDRAY, C. et al. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.51, p.375-380, 2003. Disponível em: <<http://europepmc.org/abstract/MED/9192195>>. doi:10.1038/sj.ejcn.1600417.

DE MOURA, N.A. et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, v.20, p.2902-2910, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.006>>. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.006.

DELGADO, G.T.C. et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. **Nutrition Research**, v.32, p.884-892, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2012.09.012>>. doi: 10.1016/j.nutres.2012.09.012.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Probiotics**. New York, 2004. Disponível em: <http://www.webdietitians.org/Public/GovernmentAffairs/92_adap1099.cfm>.

GENTA, S. et al. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, v.28, p.182-187, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2009.01.013>>. doi: 10.1016/j.clnu.2009.01.013.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995. Disponível em: <<http://ilri.org/biometrics/Publication/Abstract/Case%20study%2017%20-1.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2013.

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

GRAEF, S. et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v.86, p.157-65, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2003.08.003>>. doi: 10.1016/j.fcr.2003.08.003.

GUIGOZ, Y. et al. Effects of oligosaccharides on the fecal flora and non-specific immune system in elderly people. **Nutrition of Research**, v.22, p.13-25, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00354-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00354-2)>. doi: 10.1016/S0271-5317(01)00354-2.

HISAE, T. et al. **Preparation of fermented yacon drink**. (CL. A23L2/52). JP 08294379A. 1p. 27 apr. 1995, 12 nov. 1996.

LOBO, A.R. et al. Iron bioavailability from ferric pyrophosphate in rats fed with fructan containing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Food Chemistry**, v.126, p.885-891, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.067>>. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.067.

MALDONADO, S.; SINGH, J.D.C. Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.429-434, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000200025>>. doi: 10.1590/S0101-20612008000200025.

MANRIQUE, I. et al. **Yacon syrup: principles and processing**, Series: Conservación y uso de labiodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). N°. 8B. Lima, Peru: International Potato Center, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Erbacher Foundation, Swiss Agency for Development and Cooperation., 2005. 31p.

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

MAYDATA. A.G. Café, antioxidantes y protección a la salud. **Medisan**, v.6, n.4, p.72-81, 2002. Disponível em: <http://www.bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_4_02/san11402.pdf>.

MOURA, N.A. et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, v.50, p.2902-2910, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.006>>. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.006.

OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Caracterização e quantificação dos carboidratos de reservas das raízes de yacon (*Polymnia sonchifolia*) mantidas sob condições ambientais e refrigeração. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.1, p.30-39, 2005. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1083>>.

OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.7, n.2, p.215-220, 2004. Disponível em: <<http://bjft.ital.sp.gov.br/index.php>>.

OLIVEIRA, M.N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. São Paulo: Atheneu, 2009. 384p.

OLIVEIRA, G.O. et al. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food and Chemical Toxicology**, v.59, p.256-260, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.05.050>>. doi: 10.1016/j.fct.2013.05.050.

PADILHA, V.M. et al. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.735-740, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n3/v30n3a26.pdf>>.

PEREIRA, D.I.; GIBSON, G.R. Effects of consumption of probiotics and prebiotics on serum lipid levels in humans. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v.37, p.259-281, 2002. Disponível em: <<http://informahealthcare.com/doi/pdf/10.1080/10409230290771519>>. doi: 10.1080/10409230290771519.

QUINTEROS, E.T.T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de Yacon**. 2000.163f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

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

ROBERFROID, M.B. Inulin-Type fructans: functional food ingredients. **Journal of Nutrition**, v.137, p.2493-2502, 2007. Disponível em: <<http://nutrition.highwire.org/content/137/11/2493S.full.pdf+html>>.

ROBINSON, H. Studies in the Heliantheae (Asteraceae). XII.Re-establishment of the genus *Smallanthus*. **Phytologia**, v.39, n.1, p.47-53, 1997. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/part/7608#/summary>>.

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

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

2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200029>>. doi: 10.1590/S0101-20612011000200029.

ROLIM, P.M. et al. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.012-017, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n1/a03v57n1.pdf>>.

ROSA, C.S. et al. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1869-1872, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000131>>. doi: 10.1590/S0103-84782009005000131.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, p.1-16, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322006000100002>>. doi: 10.1590/S1516-93322006000100002.

SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.898-905, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782008000300050&lng=e&nrm=iso. doi: 10.1590/S0103-84782008000300050.

SCHEID, M.M.A. **Avaliação dos efeitos do consumo de yacon liofilizado em idosos**. 2013. 122f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa(CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003. 60p. Disponível em: <http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf>.

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

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

SIMONOVSKA, B. et al. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. **Journal of Chromatography A**, v.1016, n.1, p.89-98, 2003. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)01183-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673(03)01183-X)>. doi: 10.1016/S0021-9673(03)01183-X.

TAKENAKA, M. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.3, p.793-796, 2003. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf020735i>>. doi: pdf/10.1021/jf020735i.

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

TOSTES, M.G.V. et al. Yacon effects in immune response and nutritional status of iron and zinc in preschool children. **Nutrition**, v.9142, p.666-672, 2014. Disponível em: <10.1016/j.nut.2013.10.016>.

VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii*—prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v.147, n.2, p.119-130, 2003. Disponível em: <<http://mefanet.upol.cz/BP/2003/2/119.pdf>>.

VANINI, M. et al. A relação do tubérculo andino yacon com a saúde humana. *Ciência Cuidado e Saúde*, v.8, p.92-96, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CiencCuidSaude/article/view/9723>>. doi: 10.4025/cienccuidsaude.v8i0.9723.

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

VILHENA, S.M.C. et al. O cultivo do yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.5-8, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n1/v18n1a_02.pdf>.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal Applied Microbiology**, v.74, n.4, p.373-380, 1993. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.1993.tb02790.x/abstract>>. doi: 10.1111/j.1365-2672.1993.tb02790.x.

Tabela 1 - Estudos com Yacon e seus derivados sobre os benefícios constatados à saúde.

Tipo de estudo	Produto usado	Efeito observado	Referências
Modelo animal (ratos Wistar machos) com deficiência de Fe	Farinha de yacon	Melhor biodisponibilidade de Fe, redução do pH cecal e aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta, quando comparado a uma fonte de frutanos purificada.	LOBO et al., 2011
<i>in vitro</i>	Pães com farinha de yacon	Os pães apresentaram índice glicêmico baixo e moderado, de acordo com o conteúdo de farinha adicionado. O potencial prebiótico também foi observado, devido ao crescimento de bactérias probióticas durante a fermentação <i>in vitro</i> .	ROLIM et al., 2011
Modelo animal (ratos Wistar machos)	Farinha de yacon	Melhora da saúde óssea, por aumentar a resistência à fratura e a retenção de minerais (cálcio, fósforo e magnésio) nos ossos.	RODRIGUES, 2011
Modelo animal (ratos Caviaporcellus machos)	Farinha de yacon	Identificação e quantificação de compostos fenólicos em diferentes variedades de yacon. O potencial prebiótico foi verificado <i>in vivo</i> , e os modelos apresentaram vários indicativos benéficos à saúde intestinal.	CAMPOS et al., 2012
Modelo animal (Ratos Wistar machos com quatro semanas de idade)	Extrato seco da raiz de yacon e uma formulação simbiótica (1,0% de raiz de yacon e <i>Lactobacillus casei</i>)	Uma redução significativa na incidência de tumores no cólon induzidos quimicamente. A ingestão de raiz yacon pode ter potencial quimiopreventivo contra a carcinogênese do cólon.	MOURA et al., 2012
Modelo animal (Camundongos fêmeas)	Raízes de yacon moídas e liofilizadas	Os resultados apoiam a hipótese de que o consumo regular de yacon não exerce efeitos negativos sobre o sistema imunológico. Ajuda a preservar um estado anti-inflamatório nas células fagocíticas e melhora a imunidade da mucosa, possivelmente evitando os riscos	DELGADO et al., 2012

		associados com doenças autoimunes e metabólicas.	
Estudo com 62 idosos com idade média de 67 anos	Yacon liofilizado (YL)	A ingestão diária de YL com 7,4g de FOS por nove semanas diminuiu significativamente (4,6%) a glicemia sanguínea, mas não reduziu a concentração de lipídios séricos em idosos. A resposta imunológica também foi benéfica.	SCHEID, 2013
Modelo animal (ratos Wistar machos)	Extrato aquoso de raízes de yacon	O extrato aquoso mostrou-se eficaz em reverter alterações patológicas, especialmente a dislipidemia, hiperglicemia ediabete <i>mellitus</i> induzida, além de apresentar função protetora do fígado.	OLIVEIRA, et al., 2013
Estudo com 117 crianças entre dois e cinco anos de idade	Farinha de yacon utilizada na preparação de doces, bolos e biscoitos	Os alimentos suplementos com yacon não melhoraram o estado nutricional de ferro e zinco nas crianças, contudo, promoveram melhoras nos efeitos imunológicos, com a maior produção de IgA secretora de IL-4.	TOSTES et al., 2014

Tabela 2 - Estudos sobre a utilização da yacon e seus derivados na tecnologia de alimentos.

Tipo de estudo	Produto usado	Efeito observado	Referências
Aplicação de FY em produtos à base de cereais	Farinha de yacon (FY)	A utilização de FY como um ingrediente funcional em produtos panificados e extrudados mostrou-se viável. Os FOS foram conservados no processamento da Yacon até a obtenção da farinha e permaneceram em concentrações satisfatórias nos produtos, de modo a suprir a ingestão nutricional de acordo com padrões difundidos na literatura.	MARANGONI, 2007
Desenvolvimento de doce adicionado de diferentes geleificantes	Raízes de yacon	A formulação de doce com adição de ágar-ágar (0,48%) apresentou-se dentro parâmetros de textura buscados. A análise sensorial mostrou que os doces apresentam resultados similares à amostra de referência.	MALDONADO& SINGH, 2008
Elaboração de bolo com farinha de yacon	Farinha de yacon (FY)	O bolo formulado com 20% de FY apresentou-se mais firme e com maior resistência ao corte. A avaliação sensorial do atributo aparência não evidenciou diferença estatística significativa entre os três bolos (padrão, com 10 e 20% de FY).	ROSA et al., 2009
Desenvolvimento de massa alimentícia funcional	Farinha de yacon e extrato em pó de yacon	As massas alimentícias elaboradas apresentaram boas características (baixo tempo de cozimento, boa textura, aumento de massa satisfatório), mostrando-se semelhantes às massas comerciais de farinha de trigo. Elas tiveram boa aceitação sensorial.	GONÇALVES, 2010
Elaboração de pão de forma	Farinha de yacon	Não houve diferença entre os pães padrão e testes quanto aos atributos porosidade, textura, sabor e qualidade global. Entretanto, o pão com 6% de farinha de yacon apresentou maior média para o atributo aderência, fato indesejável para a qualidade sensorial de pães.	ROLIM et al., 2010

Formulação de bolo de chocolate	Farinha de yacon (FY)	A adição de 20 e 40% de FY nos bolos de chocolate influenciou no perfil sensorial e na caracterização cromática, deixando-os mais escuros. O bolo com maior teor de farinha de yacon obteve as maiores notas para os atributos: aroma, gosto doce, maciez, sabor de chocolate e qualidade global.	PADILHA et al., 2010
Caracterização físico-química e sensorial de iogurte “light”	Farinha de yacon	O uso da FY permitiu a elaboração de um produto com reduzido teor de gordura, baixa caloria e fonte de fibras. Contudo o teste de aceitação sensorial apresentou médias baixas.	VASCONCELOS, 2010
Elaboração de apesuntado adicionados de farinha e extrato de yacon	Farinha (FY) e extrato de yacon (EY)	A adição de FY e EY em substituição à carne e água, respectivamente, não interferiram na qualidade do produto. De maneira geral, os produtos com concentrações médias de FY e EY, foram mais bem aceitos, inclusive em relação à intenção de compra.	TEIXEIRA, 2011

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Artigo 2

Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos 3, Capítulo XII, Ed. Atena, 2017, p. 122.

E-book - Disponível em: <http://atenaeditora.com.br/index.php?categoryID=250>

Farinha de yacon: produção, caracterização físico-química e alegações funcionais

Ana Paula Gusso, Universidade Federal de Santa Maria (UFMS), Santa Maria, RS, Brasil. Maximiliano Segundo Escalona, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Vanessa Bordin Vieira, Instituto Federal do Amapá, Macapá, Brasil. Neila Silvia Pereira dos Santos Richards, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

RESUMO - A yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta da espécie *Asteraceae* originária da região andina e introduzida no Brasil pela colônia japonesa por volta de 1989. Essa raiz tuberosa vem sendo estudada pela comunidade científica nos últimos anos, devido a sua composição rica em compostos bioativos, que oferecem benefícios à saúde do consumidor. Este trabalho teve como objetivo produzir e analisar a farinha obtida da polpa da yacon e a partir dos resultados obtidos direcionar sua utilização como ingrediente funcional na tecnologia de alimentos. Foram realizadas análises da composição centesimal, quantificação de minerais, pH, atividade de água, glicídios totais, amido, fibra bruta, alimentar e suas frações, quantificação dos compostos fenólicos, verificação da atividade antioxidante *in vitro* e perfil cromatográfico dos frutanos. A farinha produzida neste experimento apresentou conteúdos significativos de fibra alimentar total e fruto-oligossacarídeo (FOS). Podendo ser adicionada na fabricação de alimentos com potencial de alegação tanto de fonte de fibras como de FOS, conforme a lista de alegações de propriedades funcionais da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A farinha de yacon produzida também pode ser considerada fonte de minerais, tais como fósforo, cálcio e magnésio, já que contribui significativamente com a ingestão diária recomendada pela ANVISA.

Palavras-chave: *Smallanthus sonchifolius*. Fibra alimentar. Fruto-oligossacarídeos. Minerais.

INTRODUÇÃO

A *Smallanthus sonchifolius*, yacon, é uma importante fonte de frutanos (inulina e fruto-oligossacarídeos), cujos efeitos, quando consumidos, incluem estímulo do crescimento das bifidobactérias e lactobacilos no intestino (BIBAS-BONET et al., 2010). Os frutanos, considerados prebióticos, são capazes de resistir à hidrólise pelas enzimas digestivas do corpo humano e, dessa forma, passam por meio do trato digestivo sem serem metabolizados,

fornecendo baixo conteúdo energético ($1,5 \text{ kcal g}^{-1}$) e exercendo funções semelhantes à fibra alimentar (GENTA et al., 2009).

Os efeitos benéficos do consumo de prebióticos não são limitados apenas ao crescimento e estimulação da microbiota intestinal, mas também têm sido associados com vários outros benefícios à saúde, incluindo a modulação do sistema imune (WANG et al., 2012), regulação de desordens metabólicas relacionadas à obesidade e aumento da biodisponibilidade de minerais, entre outros (CHARALAMPOPOULOS e RASTALL, 2012).

Asami et al. (1991), Seminario e Valderrama (2003) e Graef et al. (2004), verificaram em suas pesquisas o fenômeno de despolimerização dos frutanos nas raízes de yacon, ou seja, a conversão de fruto-oligossacarídeos (FOS) em monômeros. Portanto, é conhecido que os FOS sofrem rápida hidrólise após a colheita e durante o armazenamento, o que afeta diretamente as características funcionais da yacon. Ao mesmo tempo, o elevado percentual de umidade da yacon aliado a uma acelerada atividade enzimática, a tornam um alimento perecível. Sendo assim, o armazenamento, distribuição e transporte dessa raiz são dificultados, o que restringe o desenvolvimento sustentável da indústria de yacon, resultando em perdas econômicas (SHI; ZHAO e ZHENG, 2011; SHI; ZHENG e ZHAO 2013).

A desidratação da yacon, para obtenção de farinha vêm despertando o interesse da indústria e dos pesquisadores, não só por aumentar a vida útil dessa raiz, mas também por facilitar sua incorporação na formulação de diversos tipos de alimentos com apelo funcional.

Inúmeras pesquisas puderam evidenciar o potencial prebiótico da farinha de yacon, (ROLIM et al., 2011; CAMPOS et al., 2012; SOUSA et al., 2015^a), assim como seus efeitos antioxidante (CASTRO et al., 2012; SOUSA et al., 2015^b), benefícios nutricionais (DELGADO et al., 2012; TOSTES et al., 2014;), aspectos tecnológicos (ROLIM et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2016) e características sensoriais (ROSA et al., 2009; PADILHA et al., 2010). Segundo Pereira et al. (2013), os alimentos funcionais estão associados à manutenção da saúde e prevenção de doenças crônicas não-transmissíveis, e portanto, os pesquisadores têm o desafio de divulgar as características dos novos alimentos e de suas substâncias benéficas à saúde.

São muitos os estudos que abordam as propriedades funcionais da farinha de yacon e seus derivados, porém, poucos relacionam os resultados encontrados destes compostos bioativos com os parâmetros determinados pelas legislações vigentes. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a produção e caracterização físico-química da farinha de yacon, relacionando as quantidades encontradas dos seus compostos bioativos com as

legislações vigentes, no intuito da utilização desta farinha em alimentos com alegação funcional.

MATERIAL E MÉTODOS

Trinta quilos de raízes de yacon, proveniente do CEASA de Porto Alegre, RS, foram adquiridos e levados para a cidade de Santa Maria, RS. As raízes foram selecionadas e submetidas ao processo de higienização, descascamento, corte e secagem para a elaboração da farinha. O fluxograma de produção é apresentado na Figura 1.

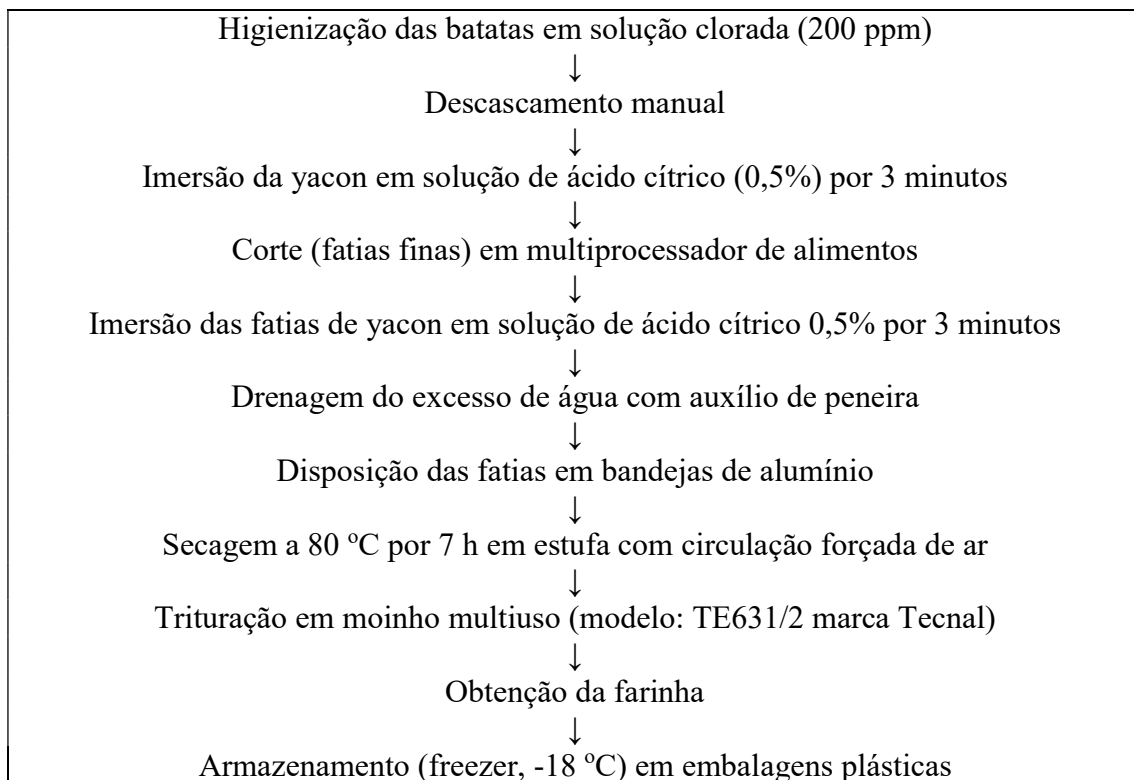


Figura 1. Fluxograma de fabricação da farinha de yacon.

Foram realizadas três repetições (10 kg cada) do processo de fabricação da farinha e estas amostras foram analisadas em triplicata, a fim de eliminar o erro aparente. As análises de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, minerais e perfil cromatográfico dos açúcares foram analisadas da seguinte forma: realizou-se uma amostragem das três repetições e um conteúdo único foi analisado em triplicata. As médias e seus respectivos desvios-padrão foram calculadas no software Microsoft Excel 2010[®]. O experimento foi conduzido nos

laboratórios do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria.

O pH foi mensurado utilizando-se método potenciométrico nº 943.02 (AOAC, 2007), através do potenciômetro digital modelo DM -22 (Digimed, São Paulo, Brasil). O teor de umidade foi avaliado pelo método nº 925.09 (AOAC, 2007). A atividade de água foi determinada através do analisador Aqualab, modelo S4TEV serie 540003085 (BrasEq, Jarinu – SP). As cinzas foram obtidas por processo gravimétrico, método nº 923.03 (AOAC, 2007), o extrato etéreo conforme metodologia nº 920.85 (AOAC, 2007) e a proteína total, segundo o método nº 984.13^a (AOAC, 2007), sendo o teor proteico calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator 6,25.

Os carboidratos foram determinados por diferença, subtraindo de 100 a soma dos valores obtidos de umidade, proteína, lipídios e cinzas. O amido foi determinado por oxido-redução em solução de Fehling, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, método 043/IV, (2005). A fibra alimentar total e suas frações solúveis e insolúveis foram determinadas pelo método enzimático-gravimétrico nº 991.43 (AOAC, 2007).

A composição mineral da farinha foi obtida da seguinte forma: O teor de fósforo (P) determinado por espectrofotometria a 682 nm, de acordo com Murphy & Riley (1962). Os minerais, ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), foram quantificados por espectrometria de absorção atômica, enquanto o potássio (K) foi determinado por fotômetro de chama. Para estes minerais foi adotada a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Para a determinação do teor de fenólicos totais utilizou-se o método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) modificado por Roesler (2007). Os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico g⁻¹ de farinha de yacon (mg EAG g⁻¹). A determinação do teor de flavonoides totais foi realizada de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), sendo este resultado expresso em miligramas equivalente de quercetina g⁻¹ de farinha de yacon (mg EQ g⁻¹).

Os testes utilizados para mensuração da atividade antioxidante *in vitro* foram o método de captura do radical livre - DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazina), metodologia descrita por Brand-Williams et al. (1995) com adaptações e a capacidade redutora de ferro - FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) pela metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) e adaptada por Rockembach et al. (2011). Os resultados de ambas as análises foram expressos em µmol equivalentes de trolox/g de amostra (µmol TEAC g⁻¹).

O perfil cromatográfico dos açúcares foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com cromatógrafo marca VARIAN, modelo Prosatr 410. Foram empregadas as seguintes condições cromatográficas: coluna cromatográfica BIO RAD n° 125-0128; coluna BIO RAD AMINEX HPX-87P (300 x 7,8 mm); temperatura da coluna 80 °C; detector de índice de refração (IR); água deionizada, filtrada em filtro de polietileno de 0,22 µm de poro e em seguida desgaseificada em banho de ultra-som; vazão do eluente de 0,6 mL/min; volume da amostra injetada de 20 µL. As amostras foram filtradas em filtro de membrana (DURAPORE) em PVDF, com 0,22 µm de poro e 13 mm de diâmetro. Os resultados foram comparados com padrões Sigma Aldrich, analisados nas mesmas condições descritas acima. A determinação da concentração dos açúcares foi calculada em relação às análises de soluções padrões na concentração de 1%. Como padrão para determinação da concentração de frutanos foi utilizado solução de 1% de inulina extraída de Dália, produto Sigma Aldrich n° 232-684-3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da composição físico-química da farinha de yacon obtida são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição físico-química da farinha de yacon. Santa Maria - RS, 2016.

Componente	Resultados (base úmida g 100 g ⁻¹) *
pH	6,34±0,02**
Umidade	6,81±0,07
Atividade de água (a _w)	0,29±0,01**
Cinzas	3,45±0,04
Lipídios	0,27±0,01
Proteína	5,44±0,20
Carboidratos	84,03±0,02
Amido	1,01±0,04
Fibra alimentar total	17,59±0,23
Fibra alimentar solúvel	9,66±0,87
Fibra alimentar insolúvel	7,93±0,98

*Os valores são as médias ± desvio padrão (n=9 e n=3 para as análises de fibra alimentar)

**Exceto o pH e a_w.

O pH da farinha de yacon apresentou-se próximo a neutralidade, resultado semelhante foi obtido por Pereira et al. (2013), em farinha elaborada com a casca da yacon, 6,04. Neste mesmo estudo o pH para farinha elaborada com a polpa da yacon foi de 4,94. As diferenças observadas neste parâmetro podem ser atribuídas as soluções utilizadas para evitar o

escurecimento enzimático da yacon, sendo que no presente estudo adotou-se a imersão em solução de ácido cítrico (0,5%/3 min) e a solução de bissulfito de sódio (0,1%/15 min) foi utilizada pelos autores mencionados.

Os principais componentes da yacon *in natura* são água e carboidratos. As raízes utilizadas para fabricação da farinha apresentavam inicialmente 90% de umidade (GUSSO et al., 2014). O processo de secagem, em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 80 °C por aproximadamente 7 horas, foi embasado no estudo de Gonçalves (2010), que obteve melhor rendimento, coloração e quantidade de FOS neste binômio tempo/temperatura.

Apesar de terem sido usadas as mesmas condições de secagem para obtenção da farinha de yacon, os valores de umidade observados neste trabalho foram maiores do que a farinha produzida por Gonçalves (2010), 3,56%. Por outro lado, o valor de umidade obtido é próximo do resultado encontrado por Vasconcelos et al. (2010), 6,59%.

De acordo com a RDC nº 263 da ANVISA (BRASIL, 2005), as farinhas devem apresentar umidade máxima de 15 % (15 g 100 g⁻¹), sendo assim, a farinha de yacon produzida neste estudo atende o parâmetro em questão da legislação vigente. Como a yacon é uma cultura sazonal, é importante a aplicação de tratamentos tecnológicos, como a secagem, em função de preservar suas características e o tornar disponível para comercialização e processamento durante longos períodos (SCHER et al., 2009).

Processos de concentração e desidratação são realizados com o objetivo principal de diminuir o conteúdo de água de um alimento, aumentando, ao mesmo tempo, sua concentração de solutos e, portanto, diminuindo sua perecibilidade (DAMODARAN; PARKIN e FENNEMA, 2010). Apenas o conhecimento do teor de umidade não é suficiente para prever a estabilidade de um alimento. A disponibilidade da água para atividade microbiana, enzimática ou química é que determina a vida de prateleira de um alimento, e isso é medido pela atividade de água do alimento (FELLOWS, 2006). A farinha de yacon produzida neste experimento apresentou 0,29 de atividade de água. Segundo Ordóñez et al. (2005), à medida que diminui a a_w a velocidade das reações vão se tornando mais lentas, e valores compreendidos entre 0,2 e 0,3, cessam completamente. Com exceção da oxidação lipídica que é mínima, porém, como pode ser observado o conteúdo lipídico da farinha também é mínimo.

Os conteúdos de cinzas e lipídios corroboram com o estudo de Vasconcelos et al. (2010), que encontraram 3,39 g 100 g⁻¹ de cinzas e exatamente o mesmo valor para os lipídios determinados na farinha de yacon em base úmida. Os resultados obtidos para proteína e carboidratos, foram maiores daqueles relatados nas pesquisas de Rolim et al. (2011) e Pereira

et al. (2013). Estes autores encontraram 3,36 g 100 g⁻¹ e 4,50 g 100 g⁻¹ de conteúdo proteico, 66,8 g 100 g⁻¹ e 72,07 g 100 g⁻¹ de carboidratos respectivamente.

Segundo Lachman; Fernández e Orsák (2003), a raiz de yacon contém entre 10-14% de matéria seca, sendo esta composta por 0,3-3,7% de proteínas e 70-80% de carboidratos, grupo formado por monossacarídeos (frutose e glicose), sacarose, inulina, traços de amido e principalmente os FOS. O conteúdo de amido encontrado na farinha produzida é mínimo quando comparado aos demais componentes (1,01%) e, portanto, confirma a citação dos autores em relação a este componente.

As recomendações dietéticas para o consumo diário de fibras são em torno de 20-40 g ao dia, dos quais aproximadamente 70% devem ser insolúveis e 30% solúveis (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998). Através do método enzimático-gravimétrico, foi possível estimar a quantidade de fibra alimentar total (17,59%), solúvel (9,66%) e insolúvel (7,93%) da farinha de yacon em questão.

A ANVISA determina que o produto quando estiver registrado na categoria de alimentos funcionais e/ou de saúde deve apresentar a alegação conforme lista de alegações aprovadas. No caso de alimentos com fonte de fibras, o mesmo deverá conter na porção do produto pronto para consumo no mínimo 3 g de fibras se o alimento for sólido ou 1,5 g de fibras se o alimento for líquido (BRASIL, 2008). Neste contexto, a farinha da yacon poderá ter a alegação funcional (fonte de fibras), quando adicionada aos produtos alimentícios, desde que esteja de acordo com a sua respectiva porção estabelecida pela RDC nº 359 da ANVISA (BRASIL, 2003).

As concentrações dos diferentes minerais analisados na farinha de yacon são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição mineral da farinha de yacon. Santa Maria - RS, 2016.

Mineral	Resultados (mg g ⁻¹) *
Ferro (Fe)	0,0121±0,09
Cobre (Cu)	0,0067±0,10
Zinco (Zn)	0,0090±0,12
Fósforo (P)	1,50±0,05
Potássio (K)	22,20±0,03
Cálcio (Ca)	3,85±0,08
Magnésio (Mg)	1,99±0,14

*Os valores são as médias ± desvio padrão (n=3).

Entre os minerais, o potássio foi o macro elemento presente em maior quantidade. O estudo conduzido por Nieto (1991) revelou a composição química das raízes de algumas linhagens de yacon (em relação à matéria seca), sendo encontrado um valor semelhante para este mineral (22,0 mg g⁻¹). Segundo Manrique et al. (2005), o potássio é o mineral mais abundante nesta raiz, correspondendo a cerca de 230 mg 100 g⁻¹ 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.

De acordo com a Portaria nº 27 da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998), um alimento pode ser considerado fonte de determinado nutriente, quando contém no mínimo 15% da ingestão diária recomendada (IDR) por 100 g sólidos. As recomendações da RDC nº 269 da Anvisa (BRASIL, 2005^a) para os minerais fósforo, cálcio e magnésio são 700 mg, 1000 mg e 260 mg, respectivamente. Seguindo essas orientações, os minerais citados contribuem com 21%, 38% e 76% respectivamente da IDR, dessa forma, a farinha de yacon pode ser considerada fonte desses minerais.

Este mesmo Regulamento não apresenta valores de ingestão diária para o potássio. Contudo, a biblioteca agrícola nacional do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos recomenda através da *Dietary Reference Intakes* (DRIs), uma ingestão de 4,7 mg/dia desse mineral. Sendo assim, a farinha produzida também pode ser considerada fonte para o potássio, já que contribui com 47,23% da ingestão diária recomendada por 100 g (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001). Além de ser considerada fonte dos minerais acima citados, a ingestão de farinha de yacon melhora a absorção e biodisponibilidade de alguns outros minerais. Estes benefícios foram constatados nas pesquisas *in vivo* conduzidas por de Lobo et al. (2011) e Tostes et al. (2014).

A Tabela 3 exhibe as análises referentes aos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante detectada na farinha de yacon.

Tabela 3. Caracterização dos compostos fenólicos e atividade antioxidante determinada pelo método de captura do radical livre (DPPH) e capacidade redutora do ferro (FRAP) da farinha de yacon. Santa Maria - RS, 2016.

Análises	Resultados
Fenólicos totais	42,83±6,53 (mg EAG g ⁻¹)
Flavonóides totais	2,29±0,11(mg EQ g ⁻¹)
Atividade antioxidante DPPH	8,34±0,35 (µmol trolox TEAC g ⁻¹)
Atividade antioxidante IC ⁵⁰	13,34±5,30 (mg mL ⁻¹)
Atividade antioxidante FRAP	7,15±0,61 (µmol trolox TEAC g ⁻¹)

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=9).

Em comparação a outras raízes e tubérculos, as raízes da yacon possuem elevada quantidade de compostos fenólicos, cerca de 200 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca comestível (VALENTOVÁ e ULRICHOVÁ, 2003). A farinha produzida neste estudo apresentou resultado próximo ao relatado por Yan et al. (1999) que encontraram na yacon em base seca cerca de 38,0 mg g⁻¹ de compostos fenólicos, como o ácido clorogênico e seus derivados. No grupo dos fenólicos largamente distribuídos na natureza está o grupo dos flavonóides e derivados (VANDRESEN, 2011). A farinha produzida apresentou 2,29 mg g⁻¹ de conteúdo de flavonoides, valor consideravelmente maior ao encontrado por Chirinos et al. (2013) em raízes frescas de yacon (1,50 mg g⁻¹).

As duas metodologias de atividade antioxidantes *in vitro* testadas para a farinha de yacon apresentaram resultados semelhantes, 8,34 µmol trolox TEAC g⁻¹ para o DPPH e 7,15 µmol trolox TEAC g⁻¹ para o FRAP. Realizaram-se as duas técnicas para inferir, com maior segurança, se a farinha apresentaria atividade antioxidante, já que não há uma metodologia oficial para determinação deste quesito em alimentos de origem vegetal e seus subprodutos.

A atividade antioxidante (%) corresponde à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante, sendo que a quantidade necessária deste para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% é denominada concentração eficiente (EC⁵⁰), ou concentração inibitória (IC⁵⁰). Quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua IC⁵⁰ e maior a sua atividade antioxidante (SOUSA et al., 2007). A quantidade de amostra que inibe 50% da formação de radicais livres formados é 13,34 mg mL⁻¹.

Sousa et al. (2015), observaram a atividade antioxidante em farinha de yacon. Os autores esterilizaram a farinha produzida e submeteram o extrato ao método antioxidante do radical ABTS (2,2'-azinobis (3 etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e a outros dois ensaios biológicos com DNA. A farinha esterilizada mostrou propriedades antioxidantes relevantes, em particular devido à sua composição em compostos fenólicos. Os compostos fenólicos identificados neste experimento foram o ácido clorogênico seguido do cafeico, cumárico e protocatecuico.

Na Tabela 4 verifica-se o perfil cromatográfico dos frutanos presentes na farinha de yacon produzida.

Tabela 4. Identificação e quantificação dos frutanos na farinha de yacon. Santa Maria - RS, 2016.

Componentes	Resultados (g 100 g ⁻¹)
Frutose	4,93±0,02
Glicose	3,16±0,05
Sacarose	5,64±0,03
Fruto-oligossacarídeos	40,64±0,07
Inulina	4,37±0,02

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=3)

De acordo com Wang e Gibson (1993), quando ingeridos pelo homem, os frutanos atingem o cólon, onde são fermentados pela microbiota, composta principalmente de bifidobactérias. Pela ação dessas bactérias, são liberados ácidos graxos de cadeia curta (*short chain fatty acids*, SCFA) como ácido acético, propiônico e butírico, além de CO₂, CH₄ e H₂. Gibson e Roberfroid (1995), complementam que, através da produção de ácidos de cadeia curta, a absorção de cálcio, ferro e magnésio é facilitada. Com 15 g de FOS por dia, a absorção de Ca⁺⁺ é aumentada em 10,8% em humanos.

A farinha de yacon produzida apresentou teor considerável de FOS (40,64%) e consequentemente baixo valor calórico, já que os frutanos apresentam conteúdo energético de 1,5 kcal g⁻¹ e exercem funções semelhantes à fibra alimentar (GENTA et al., 2009). Na lista de alegações aprovadas pela ANVISA é contemplada a quantidade de FOS a ser utilizada em alimentos com alegação de propriedades funcionais (BRASIL, 2008). Portanto, devido à quantidade de FOS encontrada na farinha deste estudo, a mesma pode apresentar esse tipo de alegação funcional, desde que, esta alegação seja para a porção do produto pronto para consumo nas quantidades estimadas pela legislação.

Estes frutanos, do tipo inulina e fruto-oligossacarídeos (FOS) são, preferencialmente, fermentados por bactérias probióticas, especialmente *Bifidobacterium animalis*. O aumento de probióticos em nível intestinal relaciona-se a diversos efeitos benéficos para o organismo (BIBAS-BONET et al., 2010). Os efeitos de fibras solúveis como fruto-oligossacarídeos não digeríveis incluem a capacidade de diminuir quadros de constipação, reduzir concentrações plasmáticas de colesterol e triacilgliceróis, modular o metabolismo de glicose, estimular sistema imune, aumentar absorção mineral e desempenhar efeito antimutagênico (MOURA et al., 2012).

CONCLUSÕES

A produção de farinha de yacon é promissora, já que dessa forma pode-se estender a vida de prateleira desse produto, mantendo suas características funcionais e físico-químicas. Além disso, a farinha apresenta como vantagem a praticidade e facilidade para ser utilizada na elaboração de diversos alimentos, como produtos cárneos, de panificação, leites fermentados, barra de cereais entre outros.

O elevado teor de fibra alimentar, nutrientes e FOS encontrado na farinha de yacon podem atribuir a este alimento alegação de funcionalidade para os itens mencionados de acordo com os parâmetros especificados pela ANVISA, conferindo assim, diversos efeitos benéficos à saúde do consumidor. Por conter considerável conteúdo de compostos fenólicos, os quais exercem efeitos quelantes e modulam as atividades de vários sistemas enzimáticos, a yacon já é comprovadamente citada na literatura científica como produto alimentício que exerce efeito antioxidante como demonstrado neste estudo pelos métodos DPPH e Frap.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa de doutorado concedida. Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria, pelo apoio neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Association Of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC.** 18 th ed., 2005. Current though revision 2, 2007.

ASAMI, T. et al. 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.

BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n.1, p. 70–76, 1996.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas para alimentos com alegações de propriedades**

funcionais e / ou de saúde, novos alimentos / ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. Brasília, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional.** Resolução nº 359, de 23 de dezembro de 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.** Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005^a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria.** Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.** Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005^b.

BIBAS-BONET, M. E. et al. Prebiotic effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on intestinal mucosa using a mouse model. **Food and Agricultural Immunology**, Abingdon, v. 21, n. 2, p. 175-189, June 2010.

CAMPOS, D. et al. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1592-1599, 2012.

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

CHARALAMPOPOULOS, D.; RASTALL, R. A. **Prebiotics in foods.** Curr. Opin. Biotechnol. v. 23, p. 187–191, 2012.

CHIRINOS, R. P. R. et al. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 145– 152, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema.** Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DELGADO, G. T. C. et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. **Nutrition Research**, v. 32, p. 884-892, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática.** 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (4 ed.), São Paulo, Brasil, 2005.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: applications in dietary assessment.** Washington DC: National Academy, 2000.

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

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.

GONÇALVES, P. V. M. **Desenvolvimento de massa alimentícia funcional à base de extrato em pó da farinha de yacon (*Polymnia sonchifolius*) e farinha de arroz por processo de extrusão termoplástica.** 2010. 120f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP.

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

GUSSO, A. P. et al. Composição centesimal de batata Yacon '*in natura*'. In: **First International Workshop Innovation In Food Science**, 2014, Florianópolis. First International Workshop Innovation In Food Science, 2014.

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

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

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.

MOURA, N. A. et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, n. 8, p. 2902–2910, Aug. 2012.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** **Anal. Chim. Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

NIETO, C. C. Estudios agronomicos y bromatologicos en jicama (*Polymnia sonchifolia* Poep et Endl.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 41, n. 2, p. 213-221, 1991.

OLIVEIRA, L. F. et al. Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Optimization for fructan retention. **LWT - Food Science and Technology**, v. 71, p. 77-87, 2016.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnología dos alimentos. Alimentos de Origem Animal**. Vol. 2. Porto Alegre: Artmed. 2005. 279 p.

PADILHA, V.M. et al. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 735-740, 2010.

PEREIRA, J. A. R. et al. Studies of chemical and enzymatic characteristics of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its flour. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 75-83, 2013.

ROCKENBACH, I. I. et al. Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*vitis vinifera* L. and *vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. **Food Chemistry**, v. 127, p. 174-179, 2011.

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

ROLIM, P. M. et al. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 012-017, jan/fev, 2010.

ROSA, C.S. et al. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1869-1872, 2009.

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

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

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

SHI, Q. L.; ZHAO, Y.; ZHENG, Y. Q. Drying of yacon by hot air and microwave combination. **Food Science**, v. 32, n. 12, p. 150–5 [in Chinese], 2011.

SHI, Q.; ZHENG, Y.; ZHAO, Y. Mathematical modeling on thin-layer heat pump drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices. **Energy Conversion and Management**, v. 71, p. 208–216, 2013.

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

SOUSA, C. M. de M. et al. Total phenolics and antioxidant activity of five medicinal plants. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUSA, S. et al. In vitro evaluation of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour prebiotic potential. **Food and Bioproducts Processing**, v. 95, p. 96-105, 2015^a.

SOUSA, S. et al. Antioxidant properties of sterilized yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour. **Food Chemistry**, v. 188, p. 504-509, 2015^b.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TOSTES, M.G.V. et al. Yacon effects in immune response and nutritional status of iron and zinc in preschool children. **Nutrition**, v. 9142, p. 666-672, 2014.

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.

VANDRESEN, S. **Purificação parcial de inulina obtida a partir de yacon e recuperação de compostos antioxidantes por processos de sorção**. 2011.175f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC. 2011.

VASCONCELOS, C. M. et al. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p. 188-93, 2010.

WANG, S., et al., Fermented milk supplemented with probiotics and prebiotics can effectively alter the intestinal microbiota and immunity of host animals. **Journal Dairy Science**. v. 95, p. 4813–4822, 2012.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal Applied Microbiology**, v. 74, n. 4, p. 373- 380, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity preventing and managing the global epidemic: Report of a WHO Consultation of Obesity**. Geneva; 1998. 275 p.

YAN, X. et al. Extraction and identification of antioxidants in the roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 4711-4713, 1999.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, **Food Chemistry**, v. 64, p. 555–559, 1999.

Production and physicochemical characterization of yacon flour

ABSTRACT - The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a plant from the *Asteraceae* species, native of the Andean region and introduced in Brazil by the Japanese colony around 1989. The scientific community has studied this tuberous root during the last years, due to its rich composition in bioactive compounds, offering benefits to consumer health. This study intends to produce and analyze the flour obtained from the pulp of yacon and from the results obtained direct its use as a functional ingredient in food technology. Analyses were performed out of the chemical composition, quantification of minerals, pH, water activity, total carbohydrates, starch, dietary fiber and its fractions, quantification of phenolic compounds, measure of the antioxidant activity *in vitro* and chromatographic profile of fructans. The flour produced in this experiment showed 40.64g / 100g of fructo-oligosaccharide (FOS) and 17.59g / 100g of total dietary fiber. Can be added to food on the grounds of both fiber source or fructo-oligosaccharide (FOS) as the list of allegations of functional properties of the National Health Surveillance Agency (ANVISA). Yacon flour produced can also be considered a source of minerals such as phosphorus, calcium and magnesium, since it contributes significantly to the daily recommended intake ANVISA.

Keywords: *Smallanthus sonchifolius*. Dietary fiber. Fructo-oligosaccharides. Minerals.

4.2 Artigo 3

Processamento, composição, vida de prateleira e avaliação sensorial de iogurtes simbióticos de leite de ovelha

Processing, composition, shelf life and sensory evaluation of synbiotic yogurts sheep's milk

A.P. Gusso¹, G.P. Simonetto¹, M.N. Silva, F.P. Pivetta¹, N.S.P.S. Richards¹

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS.

Artigo em fase final de revisão

Resumo

Para a elaboração dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha, utilizou-se farinha de yacon como fonte prebiótica e cultura de *Bifidobacterium lactis* (BLC 1) como fonte probiótica. Os iogurtes (quatro tratamentos) foram caracterizados em relação as propriedades físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e a vida de prateleira acompanhada durante 28 dias. Os resultados obtidos nas análises microbiológicas indicaram ausência de coliformes totais, termotolerantes, bolores e leveduras durante os 28 dias de armazenamento, garantindo

a qualidade microbiológica dos iogurtes e estando de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações brasileiras vigentes de leites fermentados. A viabilidade da cultura de *Bifidobacterium lactis* nos iogurtes simbióticos também atenderam os padrões especificados por estas legislações, onde no caso em que se mencione o uso de bifidobactérias, a contagem deverá ser de no mínimo de 10^6 UFC/g. Durante o período de estocagem observou-se um aumento da firmeza, acidez e diminuição do pH para todos os iogurtes. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas aliadas aos das análises sensoriais permitiram concluir que o iogurte com 5% de farinha de yacon e ausência de açúcar (T1) é a formulação que apresenta melhor potencial no segmento de alimentos funcionais.

Palavras chaves: Farinha de yacon, *Bifidobacterium lactis*, alimento funcional.

Abstract

For the production of symbiotic yogurt from sheep's milk, yacon flour was used as a prebiotic source and culture of *Bifidobacterium lactis* (BLC 1) as a probiotic source. Yogurts (four treatments) were characterized in relation to the physical-chemical properties, microbiological, sensory and shelf-life aspects followed for 28 days. It was observed that treatments that did not contain sugar in the formulation presented higher amounts of almost all the fatty acids, including the essential ones, although no significant differences ($p > 0.05$) between the treatments were observed. The results obtained in the microbiological analyzes indicated the absence of total coliforms, thermotolerantes, molds and yeasts during the 28 days of storage, guaranteeing microbiological quality of the yoghurts and being in agreement with the parameters required in the current brazilian legislation on fermented milks. The viability of the culture of *Bifidobacterium lactis* in symbiotic yogurts also met the standards specified by these legislations, where in the case of mention of the use of bifidobacteria, the count should be at least 10^6 CFU/g. During the storage period an increase in firmness, acidity and pH decrease was observed for all yogurts. The results of the physical-chemical and microbiological analyzes combined with those of the sensorial analyzes allowed us to conclude that yacon with 5% yacon flour and sugar absence (T1) is the formulation with the best potential in the functional food segment.

Key words: Yacon flour, *Bifidobacterium lactis*, functional food.

1 Introdução

O iogurte é um dos produtos lácteos mais apreciado e amplamente consumido pela população. A sua popularidade se deve a várias alegações de saúde e benefícios terapêuticos, além do sabor agradável (SERAFEIMIDOU et al., 2012). De acordo com Park et al. (2007) o leite de ovelha é uma excelente matéria-prima para ser transformada em iogurte. Com elevado teor de sólidos no leite de ovelha, os iogurtes produzidos com esta matéria-prima apresentam uma alta resistência no gel formado e mínima sinerese em comparação aos iogurtes de leite de vaca e cabra (WENDORFF, 2001).

O conceito contemporâneo de alimento funcional refere-se aos alimentos enriquecidos com nutrientes ou outras substâncias que fornecem benefícios à saúde do hospedeiro além do

seu valor nutricional (WILLIAMSON, 2009). Neste segmento, destacam-se aqueles alimentos contendo micro-organismos probióticos, especialmente os produtos lácteos probióticos (SIRÓ et al., 2008). A associação dos prebióticos e probióticos possui amplo destaque na categoria de alimentos funcionais. Quando estes estão incluídos em um produto, agindo de forma em que o primeiro favoreça seletivamente o segundo, tem-se um produto simbiótico (HOMAYOUNI et al., 2007).

O mercado global de alimentos funcionais está aumentando anualmente. O desenvolvimento de produtos é uma prioridade de investigação fundamental e um desafio para ambos os setores da indústria e da ciência. Probióticos mostram a promessa considerável para a expansão da indústria de laticínios, especialmente em setores específicos, como iogurtes, queijos, bebidas, sorvetes e outras sobremesas (GRANATO et al., 2010).

A *Smallanthus sonchifolius*, yacon, é uma importante fonte de frutanos (inulina e fruto-oligosacarídeos), cujos efeitos, quando consumidos, incluem estímulo do crescimento das bifidobactérias e lactobacilos no intestino (BIBAS-BONET et al., 2010). As farinhas e extratos da yacon vêm sendo utilizadas na tecnologia de alimentos como fontes de fibras e têm demonstrado resultados relativamente satisfatórios nas análises físico-químicas e sensoriais (GUSSO et al., 2015).

Diversos estudos vêm mostrando os efeitos benéficos de leites fermentados, contendo micro-organismos probióticos e fontes prebióticas (ANTUNES; CAZETTO e BOLINI, 2005; KOMATSU; BURITI e SAAD, 2008; CASTRO et al., 2008; BURKERT, 2012; CRUZ et al., 2013). Tais pesquisas são primordiais na prevenção de doenças e no embasamento científico para futuros estudos. No entanto, são poucos os estudos que associam estes alimentos funcionais à produtos elaborados com leite de ovelha. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de iogurtes simbióticos de leite de ovelha e sua avaliação em relação a viabilidade deste ser considerado um alimento funcional e aceito pelos consumidores.

2 Materiais e Métodos

2.1 Matérias primas

O leite de ovelha (raça Lacaune) foi fornecido pela Cabanha Chapecó, localizada na cidade de Chapecó, SC. As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) foram adquiridas pela DICO[®] Comercial de Frutas e Legumes Ltda. A cultura probiótica (*Bifidobacterium lactis*

BLC 1) foi doada pela empresa Sacco® Brasil, assim como as culturas lácticas de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*.

2.2 Formulação dos iogurtes

A Tabela 1 descreve os ingredientes e as condições de processamento dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha.

Tabela 1 - Ingredientes e produção dos iogurtes simbióticos. Santa Maria, RS, 2016.

Iogurtes Simbióticos	
T1: 5% FY	T2: 5% FY e 8% AÇ
T3: 8% FY	T4: 8% FY e 8% AÇ
Condições do processamento	
Pasteurização	80±2 °C/30min
Resfriamento	42 ±2 °C
Inoculação das culturas startes e probiótica	Conc. 1%
Incubação em estufa	40 ±2 °C/6h (pH 4,5 ±2)
Armazenamento	4±2 °C

FY: Farinha de Yacon; AÇ: Açúcar

A quantidade mínima de farinha de yacon utilizada nas formulações (5%) foi baseada em estudos prévios (GUSSO et al., 2017), para que esta concentração atendesse a alegação de propriedade funcional para alimentos fontes de fibra (BRASIL, 2008), ou seja, 1,5 g de fibra alimentar em 200 mL de iogurte (porção estabelecida pela RDC n° 359/2003), (BRASIL, 2003). A adição da farinha promoveu uma coloração marrom aos mesmos. Com o intuito de deixar o produto atraente e não causar um impacto negativo quanto ao aspecto visual foi adicionado no fundo das embalagens, antes da fermentação, cerca de 6 g de calda preparada à base de ameixa e açúcar, na proporção de 2:1. Segundo Oliveira (2009), em diversos países, o iogurte é classificado, segundo seu conteúdo de gordura, em integral, semidesnatado ou desnatado. Entretanto, a classificação mais usada se refere à estrutura do gel, sendo firme, batido ou líquido.

O iogurte produzido neste experimento foi fermentado dentro da própria embalagem de consumo, sendo assim, classificado como iogurte firme, para ser consumido de colher, como pode ser visualizado na Figura 1.

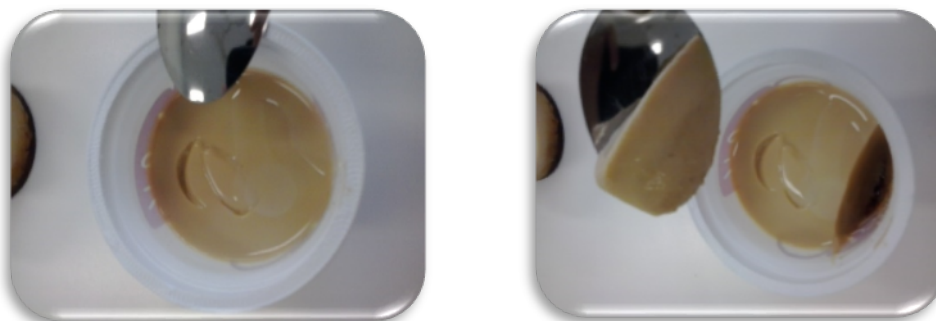


Figura 1 - Iogurte de leite de ovelha adicionado de farinha de yacon, *Bifidobacterium lactis* e calda de ameixa.

2.3 Composição química dos iogurtes

A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C, com areia purificada; já as cinzas através do método de incineração em forno mufla a 550 °C e a proteína pelo método micro Kjeldahl de acordo com os protocolos da AOAC 925.45.D, 945.46 e 991.20, respectivamente (AOAC, 2007). A gordura foi extraída com hexano e álcool isopropílico, conforme descrito por Hara e Radin (1978), e utilizada para a quantificação do teor de gordura e de colesterol por método enzimático (Saldanha, Mazalli e Bragagnolo, 2004), bem como para análise do perfil de ácidos graxos.

A gordura extraída e pesada em tubos de ensaio foram transesterificadas e metiladas, conforme protocolo descrito por Christie (1982) para análise do perfil de ácidos graxos. O perfil foi determinado usando cromatógrafo a gás modelo Agilent 6890N (Agilent Technologies, St. Clara, USA) equipado com detector de ionização em chama (FID), injetor automático e coluna capilar Supelco 2560 (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) com 100 m de comprimento x 0,25 mm de espessura e filme de 0,20 µm. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação com os tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos conhecidos (Sigma-Aldrich, St. Louis USA): FAME Mix-37 (cód 47885-U), metil éster do ácido vacênico (cód 46905-U), mistura de isômeros C 18:2 CLA (cód 47792). A quantificação de ácidos graxos em mg por g de lipídios foi realizada utilizando a concentração conhecida do padrão interno tricosanoato de metila (C23:0) e o fator de correção teórico, bem como o fator de conversão para éster de ácido graxo, de acordo com a metodologia proposta por Tonial et al. (2014). Esta análise foi realizada no último dia da vida prateleira dos produtos.

2.4 Vida de prateleira

As análises microbiológicas para averiguação da inocuidade dos produtos foram realizadas de acordo com as exigências da Instrução Normativa nº 46 de 2007 (BRASIL, 2007) e a Resolução nº 5 de 2000 para leites fermentados (BRASIL, 2000), semanalmente durante 28 dias. As análises incluíram contagens de coliformes/g (35 °C), coliformes termotolerantes/g (45 °C), bolores e leveduras/g, segundo as metodologias propostas pela APHA (2001).

Foram ainda realizadas semanalmente durante 28 dias as análises de acidez, pH e enumeração de células viáveis. A acidez foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 N, método nº 947.05 (AOAC, 2007); o pH realizado utilizando-se potenciômetro digital modelo DM -22 (Digimed, SP, Brasil); a enumeração de células viáveis das culturas de *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus termophilus* e *Bifidobacterium lactis* foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Castele et al. (2006).

O perfil de textura foi realizado no segundo dia após a fabricação dos iogurtes e no último dia da vida de prateleira dos mesmos. Esta determinação foi realizada através de teste de dupla compressão em analisador de textura TA-XT2 (Stable Micro Systems, Haslemere, Reino Unido), com cinco amostras de cada produto. Os dados foram coletados através do programa *Texture Expert for Windows* – versão 1.20 (Stable Micro Systems).

2.5 Análises sensoriais

As análises sensoriais foram realizadas após terem sido obtidos os resultados dos critérios microbiológicos das amostras. Este estudo obteve aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, sob protocolo nº 31925114.7.0005346. Os julgadores não treinados (n=80) foram recrutados localmente, em caráter totalmente voluntário, sendo informados verbalmente e por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos objetivos, benefícios e riscos da participação na pesquisa. Estes receberam em cada teste sensorial 50 mL (1 unidade) de iogurte a temperatura próxima de 5±2 °C, servidos em potes plásticos com tampa e codificados. As análises foram realizadas em cabines individuais com iluminação branca, no Laboratório de Análise Sensorial do CCR/UFSM.

Os julgadores responderam um questionário inicial, com perguntas relacionadas a frequência de consumo, sexo e idade que puderam traçar um perfil de tais consumidores e sua intenção de compra em relação aos produtos elaborados. Para o teste de aceitação utilizou-se a

escala hedônica estruturada verbal de sete pontos, contendo termos definidos situados entre “1 desgostei muitíssimo” e “7 gostei muitíssimo”. Os atributos avaliados foram: cor, odor, sabor, textura e aparência global, conforme descrito por Lawless e Heymann (2010). O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado em relação aos atributos descritos acima. Para o cálculo do Índice de Aceitabilidade foi adotada a expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto, e B = nota máxima dada ao produto. O teste de ordenação da preferência foi realizado de acordo com metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz, nº157/IV (2008).

2.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) univariada e suas médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância utilizando o programa estatístico Statistica® 7.0 for Windows. Os resultados do teste de ordenação foram analisados segundo a tabela de Newell e Mac Farlane ao nível de 5% (IAL, 2008).

3. Resultados e Discussão

3.1 Composição química dos iogurtes

A FY adicionada aos iogurtes contém elevado teor de fibra alimentar, fruto-oligossacarídeos (FOS), minerais e outros nutrientes analisados previamente. A quantidade de fibra alimentar (17,59%) e de FOS (40,64 %) encontrada na FY (GUSSO et al, 2017), permitem a alegação de funcionalidade prebiótica a esta por estar de acordo com os parâmetros especificados pela ANVISA (BRASIL, 2008), conferindo assim, diversos efeitos benéficos à saúde do consumidor. Quando adicionada aos iogurtes, a FY juntamente com o *Bifidobacterium lactis*, poderá conferir a este produto a denominação simbiótico, desde que atenda as legislações vigentes até o fim do período de armazenamento.

Os teores de umidade, cinzas, proteína, gordura e colesterol dos iogurtes produzidos podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição centesimal e quantificação de colesterol dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS. 2016.

Componente	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Umidade (g 100g ⁻¹)	72,67±0,11 ^a	68,44±1,17 ^{bc}	70,87±0,66 ^{ab}	66,40±1,34 ^c
Cinzas (g 100g ⁻¹)	2,25±0,22 ^a	2,09±0,30 ^a	1,94±0,08 ^a	2,15±0,07 ^a
Proteína (g 100g ⁻¹)	4,52±0,11 ^{ab}	4,18±0,20 ^b	4,65±0,21 ^a	4,36±0,06 ^{ab}
Gordura (g 100g ⁻¹)	6,07±0,02 ^a	6,31±0,11 ^a	6,39±0,65 ^a	5,85±0,30 ^a
Colesterol (mg 100g ⁻¹)	27,29±0,62 ^c	28,98±0,09 ^{bc}	29,41±0,27 ^b	32,78±1,07 ^a

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=3). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05). T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

As diferenças observadas para nos teores de umidade já eram esperadas e justificadas pelas diferenças nos conteúdos de sólidos (FY e AÇ) adicionados aos tratamentos. Os conteúdos de cinzas e gordura não diferiram (p>0,05) estatisticamente entre os tratamentos. Resultados semelhantes para os teores de proteína e gordura foram encontrados por Serafeimidou et al. (2012), na pesquisa sobre as características químicas, composição de ácidos graxos e conteúdo de ácido linoléico conjugado (CLA) de iogurtes gregos tradicionais, elaborados com leite de vaca e ovelha.

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 1998) recomenda a ingestão diária de quantidades ≤ 300 mg/dia de colesterol. Os iogurtes produzidos apresentaram diferenças (p<0,05) significativas para esta variável. O iogurte com adição de 5% de farinha de yacon (T1) foi o que apresentou menor valor de colesterol. Conteúdos ainda menores de colesterol foram descritos por Bonczar et al. (2016), para o leite de ovelha (14,99 mg 100g⁻¹) e iogurte produzido com esta matéria-prima (14,03 mg 100g⁻¹), no estudo sobre o efeito de espécies animais e tipo de cultura starter no teor de colesterol em leites fermentados manufaturados.

Observou-se que os teores de FY e AÇ nas formulações refletiram diretamente na quantificação do conteúdo de colesterol, aumentando os valores desta variável conforme a maior adição dos sólidos. Acredita-se que a metodologia utilizada não foi adequada para este tipo de amostra e que o açúcar contido nos iogurtes tenha interagido com a enzima colesterol-oxidase contida no kit superestimando os valores de colesterol. No estudo de Saldanha; Mazalli e Bragagnolo (2004), a metodologia enzimática para determinação de colesterol, apresentou-se exata e precisa para amostras de carne e leite, contudo, observamos que esta técnica não apresenta-se adequada para iogurtes. A cromatografia gasosa e líquida são os métodos mais adequados para a determinação de colesterol em alimentos, devido à sua capacidade de separar e quantificar este composto. Porém, apesar de eficazes, os métodos

cromatográficos são bastante onerosos e por isso a metodologia enzimática foi utilizada neste estudo.

O perfil lipídico, realizado na segunda semana após a fabricação dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição (mg g⁻¹) dos principais ácidos graxos identificados na gordura dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS. 2016.

Ácidos Graxos	Iogurtes simbióticos (mg g ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
C4:0 (butírico)	266,05±0,44 ^a	278,30±1,85 ^a	243,73±2,58 ^a	163,37±6,52 ^b
C6:0 (caprónico)	276,50±1,85 ^a	273,01±2,96 ^a	303,96±1,63 ^a	207,86±4,55 ^b
C8:0 (caprílico)	214,86±1,21 ^a	204,18±2,65 ^a	216,95±1,78 ^a	176±2,52 ^a
C10:0 (cáprico)	632,51±1,78 ^a	553,62±0,29 ^{ab}	727,24±2,85 ^a	504,29±1,72 ^b
C14:0 (mirístico)	892,06±2,45 ^a	832,78±2,42 ^a	1007,82±1,53 ^a	765,02±2,88 ^a
C16:0 (palmítico)	2125,27±1,72 ^a	2170,56±1,43 ^a	2589,36±2,08 ^a	1951,90±0,99 ^a
C16:1n7 (palmitoléico)	80,03±1,53 ^a	76,17±1,89 ^a	86,37±1,22 ^a	68,45±1,47 ^a
18:0 (esteárico)	678,76±1,46 ^a	681,03±0,83 ^a	751,88±0,59 ^a	603,68±1,83 ^a
18:1n7t (elaídico)	40,30±1,25 ^a	42,97±1,33 ^a	44,83±2,48 ^a	36,85±2,78 ^a
18:1n7t (vacênico)	187,66±1,55 ^a	182,23±0,25 ^a	212,1±1,98 ^a	166,70±1,42 ^a
18:1n9C (oleico)	1305,66±1,06 ^a	1281,36±1,20 ^a	1454,06±1,46 ^a	1180,94±1,71 ^a
18:2C9t11 (CLA)	70,39±1,96 ^a	67,59±1,54 ^a	77,82±2,63 ^a	62,94±2,50 ^a
18:2n6C (linoléico)	138,66±0,85 ^a	134,42±1,02 ^a	159,79±1,57 ^a	127,33±1,46 ^a
18:3 (linolênico)	16,72±1,21 ^a	16,78±0,95 ^a	19,77±1,63 ^a	15,47±1,71 ^a
20:4n6 (araquidônico)	15,93±0,72 ^a	15,60±1,11 ^a	18,21±0,91 ^a	14,68±0,81 ^a
ΣAGS	5912,83±2,85 ^a	5897,93±1,52 ^a	6469,95±2,33 ^a	5285,43±1,92 ^a
ΣAGM	1634,77±1,42 ^a	1606,85±2,85 ^a	1824,72±1,95 ^a	1478,83±1,82 ^a
ΣAGP	249,41±1,81 ^a	243,57±2,36 ^a	285,22±1,91 ^a	228,40±2,18 ^a

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=2). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05). Somatório de ácidos graxos saturados (ΣAGS); Somatório de ácidos graxos moinsaturados (ΣAGM); Somatório de ácidos graxos poli-insaturados (ΣAGP). T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Os leites de ovelha e de cabra possuem grandes quantidades de triglicerídeos de cadeia curta, compostos por ácidos graxos com seis a 12 carbonos na cadeia (SANZ SAMPELAYO et al., 2007). Os ácidos graxos de cadeia curta são metabolizados de maneira diferente aos de cadeia longa, podendo ser liberados por hidrólise das enzimas pancreáticas no intestino e serem diretamente absorvidos e transportados para o fígado, onde são oxidados. Esta rápida metabolização dos ácidos graxos proporciona uma redução nos teores de colesterol circulante e menor acúmulo de gordura nos adipócitos (RAYNAL-LJUTOVAC et al., 2008). Não foram observadas diferenças estatísticas (p>0,05) para a maioria dos ácidos graxos entre os tratamentos.

3.2 Vida de Prateleira

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas indicaram ausência de coliformes totais e termotolerantes durante os 28 dias de estocagem sob refrigeração entre 8 a 10 °C. As exigências da IN n° 46 (BRASIL, 2007) e da Resolução n° 5 (BRASIL, 2000) permitem até duas amostras com contagens entre 10 e 100 UFC g⁻¹ para coliformes totais, e até duas amostras com contagens menores que 3 até 10 UFC g⁻¹ para coliformes termotolerantes.

Da mesma forma, não foi detectado o crescimento de colônias de bolores e leveduras nas placas, portanto, os resultados indicam ausência dos mesmos em todos os iogurtes. Isso demonstra que não houve contaminação ambiental ou por manipulação com esses micro-organismos, garantindo qualidade microbiológica, seguida as boas práticas de fabricação e qualidade superior ao exigido pela IN n° 46 (BRASIL, 2007) e Resolução n° 5 (BRASIL, 2000) de leites fermentados, o qual permite no máximo duas amostras com contagens entre 50 e 200 UFC g⁻¹.

As mudanças físico-químicas (pH e acidez) observadas durante a vida de prateleira dos iogurtes são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Mudanças nos valores de pH e acidez (g 100 g⁻¹ de ácido láctico) dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha durante 28 dias de estocagem a 4±2°C. Santa Maria, RS, 2016.

Dias	Variável	Tratamentos			
		T1	T2	T3	T4
1	Acidez	0,93±0,05 ^{aA}	0,92±0,04 ^{aA}	0,86±0,03 ^{aA}	0,83±0,06 ^{aA}
	pH	4,60±0,05 ^{aA}	4,58±0,06 ^{aA}	4,66±0,08 ^{aA}	4,71±0,01 ^{aA}
7	Acidez	0,97±0,01 ^{aA}	0,91±0,05 ^{aA}	0,88±0,08 ^{aA}	0,82±0,05 ^{aA}
	pH	4,57±0,07 ^{aA}	4,52±0,04 ^{aA}	4,64±0,04 ^{aA}	4,63±0,10 ^{aA}
14	Acidez	1,02±0,05 ^{aA}	0,95±0,05 ^{abA}	0,86±0,11 ^{bcA}	0,81±0,04 ^{cA}
	pH	4,56±0,07 ^{aA}	4,50±0,09 ^{aA}	4,65±0,11 ^{aA}	4,65±0,06 ^{aA}
21	Acidez	1,01±0,08 ^{aA}	1,09±0,13 ^{aA}	0,88±0,09 ^{aA}	0,83±0,07 ^{aA}
	pH	4,48±0,09 ^{aA}	4,42±0,06 ^{aAB}	4,54±0,02 ^{aA}	4,66±0,14 ^{aA}
28	Acidez	1,04±0,18 ^{aA}	1,15±0,14 ^{aA}	0,91±0,09 ^{aA}	0,83±0,09 ^{aA}
	pH	4,34±0,03 ^{bA}	4,32±0,03 ^{bB}	4,54±0,05 ^{aA}	4,62±0,10 ^{aA}

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma linha não indicam diferença estatística (p>0,05) entre os tratamentos, para o mesmo dia. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não indicam diferença estatística (p>0,05) para o mesmo tratamento, nos diferentes dias. T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Segundo as legislações vigentes para leites fermentados (IN n° 46/2007 e Resolução n° 5/2000) a acidez do iogurte deve estar compreendida entre 0,6 e 1,5 g 100g⁻¹ de ácido láctico.

Os iogurtes produzidos neste estudo apresentaram valores de acidez dentro do permitido pelas legislações, durante toda a vida de prateleira. A acidez apresentou diferença estatística ($p < 0,05$), entre os tratamentos, apenas nas análises realizadas no décimo quarto dia da vida de prateleira. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$), desta variável, para cada tratamento, em relação aos dias de armazenamento.

Índices superiores de acidez ($1,22 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ até $1,7 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ durante a estocagem por 21 dias) foram encontrados no estudo de Güler e Gursoy-Balcı (2011). Os autores estudaram a evolução de compostos voláteis e ácidos graxos livres em iogurtes de leite de cabra e ovelha com diferentes culturas starters. Serafeimidou et al. (2013) verificando as mudanças no perfil lipídico durante o armazenamento de iogurtes de leite de ovelha e vaca relataram valores de acidez superiores aos demonstrados neste estudo ($1,19 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no dia 1, $1,23 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no dia 7 e $1,27 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no dia 14). Os mesmos autores não observaram diferença significativa ($p > 0,05$) para os valores de pH, nos iogurte de leite de ovelha produzidos, durante 14 dias, resultado semelhante foi encontrado neste estudo, o que indica a maior estabilidade da matéria-prima ovina em relação a este parâmetro físico-químico.

Em relação ao pH, apenas o iogurte T2 apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) ao longo dos dias de armazenamento. Entre os tratamento foram observadas diferenças ($p < 0,05$) somente nos dois últimos dias da vida de prateleira. De maneira geral o pH dos iogurtes diminuiu e a acidez aumentou ao longo do período de armazenamento, como esperado.

A enumeração de células viáveis das culturas de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus termophilus* (bactérias ácido lácticas) e *Bifidobacterium lactis* (probiótica) durante a vida de prateleira dos iogurtes pode ser visualizada nas Figuras 2, 3 e 4.

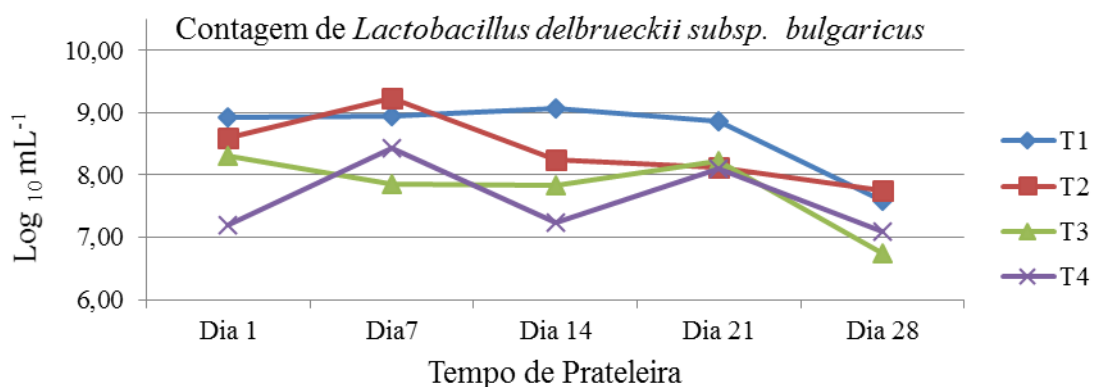


Figura 2 - Viabilidade de bactérias, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, em iogurtes simbióticos de leite de ovelha ao longo do período de armazenamento a 4 ± 2 °C.

Todos os iogurtes apresentaram um decréscimo na contagem de células viáveis de *Lactobacillus bulgaricus* no final da vida de prateleira. Com exceção do tratamento 3 os resultados encontrados estão de acordo com o recomendado pela *International Dairy Federation*, $7 \log_{10} \text{ mL}^{-1}$ ou g^{-1} , (IDF, 1992). Resultados semelhantes foram descritos por SILVA (2007) durante 28 dias de armazenamento de iogurtes probióticos com prebióticos.

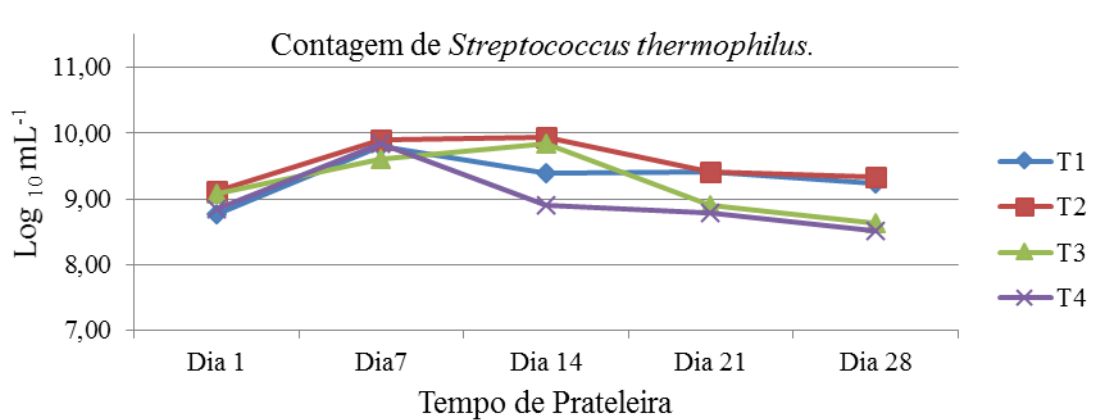


Figura 3 - Viabilidade de bactérias, *Streptococcus termophilus*, em iogurtes simbióticos de leite de ovelha ao longo do período de armazenamento a 4 °C.

De modo geral as culturas de *Streptococcus termophilus* mantiveram-se viáveis até o fim do período de armazenamento dos iogurtes, com contagens não inferiores ao mínimo ($7 \log_{10} \text{ mL}^{-1}$ ou g^{-1}) recomendado pela *International Dairy Federation* (IDF, 1992). Contagens de $8,77 \log_{10} \text{ g}^{-1}$ no início do período de armazenamento e $8,61 \log_{10} \text{ g}^{-1}$ no último dia de estocagem, foram relatados por Minervini et al. (2009) nas contagens de *Streptococcus termophilus* para leites fermentados de leite de cabra.

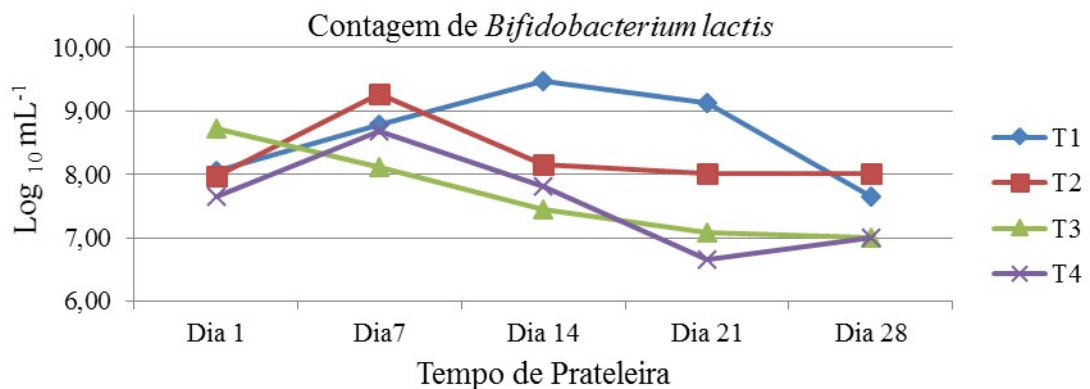


Figura 4 - Viabilidade de bactérias, *Bifidobacterium lactis*, em iogurtes simbióticos de leite de ovelha ao longo do período de armazenamento a 4 °C.

Apesar das variações observadas para todos os tratamentos, apenas o iogurte com 8% de FY e 8% de AÇ (T4), apresentou resultados abaixo de 7 log de células viáveis mL⁻¹. As formulações de iogurtes simbióticos de leite de ovelha encontram-se dentro dos padrões especificados pela legislação vigente para leites fermentados (IN n° 46/2007 e Resolução n° 5/2000), onde no caso em que se mencione o uso de bifidobactérias, a contagem deverá ser de no mínimo de 10⁶ UFC mL⁻¹.

Na produção de um alimento probiótico é fundamental que o micro-organismo possa ser cultivado em escala industrial, sendo que o produto final deve ter vida média satisfatória, propriedades sensoriais aceitáveis e um número de células viáveis presentes no produto maior do que 6 log₁₀ UFC mL⁻¹ ou g⁻¹ durante toda a sua validade (FARIA; BENEDET; GUERROUE, 2006).

O perfil de textura dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha, realizados no segundo e último dia da vida de prateleira, podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Perfil de Textura dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS, 2016.

Iogurtes	Dias	Firmeza (g)	Adesividade (g.s)	*Coesividade	Gomosidade (g)	*Elasticidade
T1	2	114,85±1,00 ^{bA}	167,45±17,43 ^{bB}	0,69±0,12 ^{aA}	80,02±0,75 ^{aA}	0,04±0,01 ^{aA}
	28	132,80±17,46 ^{abA}	207,60±38,85 ^{bA}	0,75±0,08 ^{aA}	80,84±0,56 ^{aA}	0,03±0,01 ^{aA}
T2	2	115,84±0,74 ^{bB}	173,84±15,61 ^{bA}	0,60±0,18 ^{aA}	69,03±0,25 ^{aA}	0,04±0,01 ^{aA}
	28	143,50±10,28 ^{aA}	199,73±4,24 ^{bA}	0,52±0,03 ^{aA}	76,33±6,35 ^{aA}	0,03±0,01 ^{aA}
T3	2	116,43±1,53 ^{bB}	119,89±14,25 ^{bB}	0,60±0,16 ^{aA}	71,89±6,65 ^{aA}	0,03±0,01 ^{aA}
	28	134,04±4,30 ^{abA}	196,20±14,06 ^{bA}	0,54±0,05 ^{aA}	72,82±6,79 ^{aA}	0,02±0,01 ^{aA}
T4	2	116,63±2,11 ^{bB}	337,06±13,40 ^{aA}	0,50±0,01 ^{aA}	70,44±6,85 ^{aA}	0,03±0,01 ^{aA}
	28	153,64±3,20 ^{aA}	324,47±0,54 ^{aA}	0,52±0,02 ^{aA}	79,18±5,00 ^{aA}	0,03±0,01 ^{aA}

Os valores são as médias (n=5) ± desvio padrão. Letras minúsculas na mesma coluna indicam as diferenças significativas (p<0,05) entre os diferentes iogurtes; letras maiúsculas na mesma coluna, para cada tratamento, indicam as diferenças significativas (p<0,05) entre os diferentes dias. *medida adimensional. T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Segundo Lima et al. (2011), dois fatores têm grande influência nas características de textura do iogurte, são eles a adição de sólidos e o tratamento térmico. Já que o tratamento térmico neste estudo foi o mesmo para todos os iogurtes, 80±2 °C/30 min, a textura dos mesmos foi determinada pela adição dos sólidos, FY e AÇ. Quanto maior a porcentagem de sólidos, mais firme é o produto. Neste contexto, observa-se que o maior valor encontrado para o parâmetro de firmeza foi o iogurte T4 com 8% de FY e 8% de AÇ, tanto no primeiro quanto no último dia de armazenamento em relação aos outros tratamentos.

A fermentação bacteriana do leite (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*) produz ácido láctico, o qual atua diretamente sobre as proteínas de leite, proporcionando textura cremosa e características próprias do iogurte (SERAFEIMIDOU et al., 2012). Durante o período de estocagem observou-se um aumento da firmeza para todos os iogurtes. Os tratamentos adicionados de AÇ (T2 e T4), não apresentaram diferença ($p>0,05$) entre os dias de armazenamento para a adesividade, contudo, percebe-se um aumento para todos os iogurtes analisados no 30º dia, para esta variável. O iogurte T4 obteve o maior valor para este atributo. Não foram observadas diferenças estatísticas ($p>0,05$) para os parâmetros de coesividade, gomosidade e elasticidade.

3.3 Análises sensoriais

Dentre os 80 julgadores participantes da análise sensorial 34% eram do sexo masculino e 66% do sexo feminino. A faixa etária dos provadores estava compreendida na sua maior parte por adultos entre 20 e 30 anos, cerca de 60%. Os outros provadores apresentaram idade da seguinte forma: < 20 anos - 4%; 30 a 40 anos - 16%; 40 a 50 anos - 10%; e > 50 anos - 10%. Nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 são apresentados a frequência do consumo alimentar dos julgadores, a aceitabilidade sensorial, os índices de aceitabilidade e a intenção de compra em relação aos iogurtes simbióticos de leite de ovelha, respectivamente.

Tabela 6 - Frequência de consumo alimentar de leites fermentados. Santa Maria, RS, 2016.

Frequência	Produtos		
	Leites fermentados em geral	Iogurte probiótico	Iogurte de leite de ovelha
Diariamente	26%	14%	
2 a 3 x por semana	42%	13%	
1 x por semana	22%	13%	
Raramente	10%	47%	26%
Nunca		13%	74%

Os valores correspondem aos resultados convertidos em porcentagem (n=80).

Tabela 7 - Aceitabilidade sensorial dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS, 2016.

Atributos	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Cor	5,16±1,15 ^a	5,24±0,88 ^a	4,58±1,18 ^b	4,66±1,17 ^b
Aroma	5,23±1,05 ^a	5,20±1,10 ^{ab}	4,78±1,33 ^b	4,90±1,09 ^{ab}
Sabor	5,14±1,27 ^a	5,10±1,26 ^a	4,30±1,28 ^b	4,68±1,40 ^{ab}
Textura	4,87±1,26 ^{ab}	5,15±1,31 ^a	4,38±1,48 ^{bc}	4,15±1,38 ^c
Apar. Global	4,89±1,16 ^{ab}	5,06±1,10 ^a	4,29±1,40 ^c	4,44±1,32 ^{bc}

Os valores são as médias ± desvio padrão (n=80). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p<0,05). T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Tabela 8 - Índices de aceitabilidade para os atributos avaliados nos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS, 2016.

Atributos	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Cor	74%	75%	65%	67%
Aroma	75%	74%	68%	70%
Sabor	73%	72%	61%	67%
Textura	70%	73%	63%	59%
Apar. Global	70%	72%	61%	63%

T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Tabela 9 - Descrição da intensão de compra dos iogurtes simbióticos de leite de ovelha. Santa Maria, RS, 2016.

Iogurtes	Intensão de Compra				
	Certamente compraria	Provavelmente compraria	Tenho dúvidas	Provavelmente não compraria	Certamente não compraria
T1	15%	30%	29%	15%	11%
T2	23%	38%	13%	18%	8%
T3	8%	23%	28%	29%	12%
T4	14%	23%	33%	15%	15%

Os valores correspondem aos resultados convertidos em porcentagem (n=80). T1: 5% FY; T2: 5% FY e 8% AÇ; T3: 8% FY; T4: 8% FY e 8% AÇ.

Como pode ser visualizado na Tabela 6, os julgadores participantes não consomem com frequência iogurtes de leite de ovelha, porém, o consumo de iogurtes probióticos faz parte da dieta dos mesmos. Provavelmente, o que retrai o consumo de derivados de leite de ovelha seja o valor agregado destes produtos, uma vez que a produção não é tão grande como a de leite de vaca e seus derivados. A maioria dos julgadores (42%) relataram consumir leites fermentados em geral durante a semana. Nos comentários dos julgadores a adição da FY foi relatada como fator positivo, melhorando o sabor doce e a textura dos iogurtes.

Os iogurtes adicionados de 8% de FY (T3 e T4) apresentaram os menores escores para o atributo cor (Tabela 7). Nota-se que a maior concentração da farinha nestas formulações causaram impacto negativo quanto a coloração dos mesmos. O iogurte com 5% de FY (T1) foi melhor aceito pelos julgadores em relação aos atributos de aroma e sabor. Índices ainda maiores para estes atributos (6,83 aroma) e (7,27 sabor) foram obtidos nas avaliações sensoriais de Leal et al. (2013) em iogurtes de leite de ovelha adicionados de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*).

A formulação com 5% de FY e 8% de AÇ (T2) se destacou em relação aos outros tratamentos para os atributos consistência e aparência global. Os julgadores atribuíram notas ≥ 5 , que na escala hedônica adotada significa “gostei”, para estes atributos. De acordo com Dutcosky (2013), para que um produto seja considerado aceito em termos de suas propriedades sensoriais pelo consumidor, é necessário que obtenha um IA de no mínimo 70%. Como pode ser visualizado na Tabela 8, os iogurtes com maiores concentrações de FY (T3 e T4) apresentaram os menores índices de aceitabilidade e apenas os iogurtes T1 e T2 alcançaram o valor mínimo, em todos os atributos, para serem considerados aceitos.

Ainda que a frequência de consumo alimentar para iogurtes de leite de ovelha seja rara ou nunca pelos julgadores participantes da pesquisa, os mesmos indicaram porcentagens significativas de que certamente ou provavelmente comprariam os produtos em questão (Tabela 9). Os iogurtes T1 e T2 foram os melhores avaliados neste segmento.

O teste de ordenação da preferência (Tabela de Newel e McFarlane) indica a diferença crítica entre os totais de ordenação, de acordo com o número de tratamentos testados e o número de julgamentos obtidos. Se a diferença entre os totais de ordenação forem maiores ou igual ao número tabelado, existe diferença significativa entre as amostras, ao nível de significância observado (5%).

Os totais de ordenação para as quatro amostras foram obtidos com base na somatória das notas dadas pelos provadores. Os iogurtes T1, T2, T3 e T4 tiveram como totais de ordenação, 193, 159, 234 e 204, respectivamente. O limite crítico para o número de provadores participantes do teste de ordenação com 80 julgadores e quatro amostras é 42. Dessa forma, observou-se que o iogurte T2 diferiu significativamente do T3 e T4 ($p > 0,05$) em relação a preferência dos julgadores e os tratamentos preferidos foram o T2 seguido do T1, não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) entre eles. Mior, Novello e Dinon (2016) também realizaram o teste de preferência, em iogurtes de leite de ovelha saborizado com mirtilo, os julgadores dessa pesquisa optaram pelo iogurte com 25% de polpa de mirtilo.

4. Conclusões

O estudo mostrou ser possível a elaboração de iogurtes de leite de ovelha adicionados de FY e *Bifidobacterium lactis*, podendo ser considerado alimento simbiótico dentro do período analisado, já que as formulações atenderam os padrões especificados pelas legislações brasileiras vigentes para leites fermentados. A alegação de funcionalidade prebiótica é pertinente aos iogurtes, pois a quantidade de farinha de yacon adicionada apresenta conteúdo de fibras alimentares suficientes para estar de acordo com os parâmetros especificados pela legislação brasileira, ou seja, 1,5 g de fibra alimentar em 200 mL de iogurte.

O iogurte com 5% de FY e ausência de açúcar obteve bons escores para os atributos sensoriais de aceitação, apresentando também IA \geq 70% para todos os atributos avaliados e não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$), para o teste de ordenação, entre o iogurte preferido (T2). A ausência de açúcar nos alimentos é uma tendência por parte dos consumidores hoje que visam uma alimentação saudável. Sendo assim, os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas aliadas as avaliações sensoriais indicam que a formulação com 5% de FY e ausência de açúcar (T1) é a que apresenta melhor potencial no segmento de alimentos funcionais

5. Referências Bibliográficas

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington, 2001. 676 p.

ANTUNES, A. E. C.; CAZETTO, T. F.; BOLINI, H. M. A. Viability of probiotic micro-organism during storage, postacidification and sensory analysis of fat-free yogurts with added whey protein concentrate. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 58, n. 3, p. 169-173, 2005.

AOAC. **Association Of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC**. 18 th ed., 2005. Current though revision 2, 2007.

BONCZAR, G. et al. Effect of dairy animal species and of the type of starter cultures on the cholesterol content of manufactured fermented milks. **Small Ruminant Research**, v. 135, p. 22–26, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regulamento Técnico Mercosur de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**, Resolução nº 5 de 13 de novembro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas para alimentos com alegações de propriedades funcionais e / ou de saúde, novos alimentos / ingredientes, substâncias bioativas e probióticos.** Brasília, 2008.

BURKERT, J. L. M. et al. Aceitação sensorial de bebidas lácteas potencialmente simbióticas. **Journal Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 4, p. 325-332, out/dez. 2012.

CASTEELE, A. et al. Evaluation of culture media for selective enumeration of probiotic strains of lactobacilli and bifidobacteria in combination with yoghurt or cheese starters. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 1470–1476, 2006.

CASTRO, F. P. et al. Effect of oligofructose incorporation on the properties of fermented probiotic lactic beverages. **International Journal of Dairy Technology**, Malden, v. 62, n. 1, p. 68-74, 2008.

CHRISTIE, W. W. A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072, 1982.

CRUZ, A. G. et al. Stability of probiotic yogurt added with glucose oxidase in plastic materials with different permeability oxygen rates during the refrigerated storage. **Food Research International**, v. 51, p. 723–728. 2013.

DUTCOSKY, S.D. Análise sensorial de alimentos. 4 ed. Curitiba: Ed. DA Champagnat, 2013. 531p.

FARIA, C. P.; BENEDET, H. D.; GUERROUE, J. L. Parâmetros de produção de leite de búfala fermentado por *Lactobacillus casei*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 511-516, 2006.

GÜLER, Z.; GÜRSOY-BALCI, A. C. Evaluation of volatile compounds and free fatty acids in set types yogurts made of ewes', goats' milk and their mixture using two different commercial starter cultures during refrigerated storage. **Food Chemistry**, n. 127, p.1065–1071, 2011.

GRANATO, D. et al. Probiotic Dairy Products as Functional Foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, 2010.

HARA, A.; RADIN, N. S. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v.90, p.420–426, 1978.

HOMAYOUNI, A. et al. Na introduction to functional dairy foods. In: **Proceedings of the First National Functional Food Congress**, p. 60, 2007.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (4 ed.), São Paulo, Brasil, 2005.

IDF - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **General Standard of Identity for Fermented Milks.** Standard 163. Brussels, Belgium. 1992.

KOMATSU, T.R.; BURITI, F.C.A.; SAAD, S.M.I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 3, Set. 2008.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**, 2010. (2nd ed). London: Springer.

LEAL, N. S. et al. Aceitabilidade de iogurte de leite de ovelha com adição de alecrim (*Rosmarinus officinalis l.*). **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n 1, p. 131-139, 2013.

LIMA, S. C. G. et al. Efeito da adição de diferentes sólidos na textura, sinérese e característica sensorial de iogurte firme. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 66, n. 383, p. 32-39, 2011.

MIOR, J.; NOVELLO, J.; DINON, A. Z. Caracterização de iogurte de leite de ovelha in natura e saborizado com mirtilo (*Vaccinium myrtillus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2004-2022, 2016.

MINERVIVI, F. et al. Fermented goats' milk produced with selected multiple starters as a potentially functional food. **Food Microbiology**, v. 26, p. 559–564, 2009.

OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. Atheneu Editora, 2009. 384p.

PARK, Y. W. et al. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, n.1-2, p.88- 113, 2007.

RAYNAL-LJUTOVAC, K. et al. Composition of goat and sheep milk products: An update. **Small Ruminant Research**, v.79, p.57–72, 2008.

SALDANHA, T.; MAZALLI, M. R.; BRAGAGNOLO, N.; Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.109-113, jan.-mar. 2004.

SANZ SAMPELAYO, M. R. et al. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, London, v. 68, p. 42-63, 2007.

SERAFEIMIDOU, A. et al. Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. **Food Chemistry**, n. 134, p. 1839–1846, 2012.

SERAFEIMIDOU, A. et al. Change of fatty acid profile, including conjugated linoleic acid (CLA) content, during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.31, p. 24–30, 2013.

SILVA, S. F. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria – RS.

SIRÓ, I. et al. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. **Appetite**. v. 51, p. 456-467, 2008.

TONIAL, I. B. et al. Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish. **Journal of Food Research**, v.3, p.105–114, 2014.

WENDORFF, W. L. Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. **Journal Dairy Science**, v.84, p. E74–E78, 2001.

WILLIAMSON, C. Functional foods: what are the benefits? **British Journal Community Nursing**, v. 14, n. 6, p. 230–236, Jun. 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity preventing and managing the global epidemic: Report of a WHO Consultation of Obesity. Geneva; 1998. 275p.

4.3 Artigo 4

Efeitos biológicos do consumo de iogurtes de leite de ovelha adicionados de *Bifidobacterium lactis* e farinha de yacon em modelo animal

Biological effects of the consumption of sheep's milk yogurt added with *Bifidobacterium lactis* and yacon flour in animal model

Gusso, A. P.; Rodrigues, A. S.; Milbradt, B. G.; Guex, G. C.; Lopes, G. H. H.; Bauerman, L.; Richards, N. S. P. S.

Universidade Federal de Santa Maria

Artigo em fase final de revisão

Resumo

Investigou-se os efeitos do consumo de diferentes iogurtes de leite de ovelha nos biológicos de ratos *Wistar*. Utilizou-se 20 ratos divididos em quatro grupos experimentais que receberam por gavagem durante 45 dias, iogurte de leite de ovelha controle, prebiótico, probiótico e simbiótico. Após o período experimental os animais foram eutanasiados, o sangue coletado para análises sorológicas e alguns órgãos retirados para as análises de interesse. As bactérias ácido lácticas e probiótica presentes nos iogurtes foram avaliadas semanalmente e mantiveram-se viáveis durante a vida de prateleira dos iogurtes, atendendo a legislação brasileira vigente para leites fermentados. O iogurte probiótico apresentou queda na contagem de *Bifidobacterium lactis* na última semana de experimentação e o iogurte simbiótico apresentou contagens superiores a contagem inicial durante o todo período experimental, sugerindo ação sinérgica da farinha de yacon. Em relação aos parâmetros biológicos analisados, o grupo probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais, apresentando maior excreção de lipídios nas fezes e menores conteúdos de colesterol e

triglicéridos no soro sanguíneo. Acredita-se que a quantidade de farinha de yacon adicionada aos iogurtes não foi suficiente para promover os benefícios esperados, tais como redução da glicose sérica e maior produção de ácidos graxos de cadeia curta no ceco.

Palavras-chave: Alimento funcional, probiótico e prebiótico.

Abstract

We investigated the effects of the consumption of different sheep milk yogurts on the biologicals of Wistar rats. Twenty rats were divided into four experimental groups that received gavage for 45 days, control, prebiotic, probiotic and symbiotic sheep milk yogurt. After the experimental period the animals were euthanized, the blood collected for serological analysis and some organs removed for the analyzes of interest. Lactic acid bacteria and probiotics present in the yogurts were evaluated weekly and remained viable during the shelf life of the yoghurts, in compliance with the Brazilian legislation in force for fermented milks. Probiotic yogurt showed a decrease in *Bifidobacterium lactis* count in the last week of experimentation and symbiotic yogurt presented counts higher than initial count during the whole experimental period, suggesting synergic action of yacon flour. In relation to the biological parameters analyzed, the probiotic group presented a hypolipidemic effect in the animals, presenting higher excretion of lipids in the feces and lower contents of cholesterol and triglycerides in the blood serum. It is believed that the amount of yacon flour added to the yogurts was not sufficient to promote the expected benefits, such as serum glucose reduction and increased production of short chain fatty acids in the cecum.

Keywords: Functional food, probiotic and prebiotic.

1. Introdução

Probióticos e prebióticos possuem amplo destaque na categoria de alimentos funcionais. De acordo com a FAO/WHO (2006), os probióticos são micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro. Os prebióticos, por sua vez, são definidos como ingredientes seletivamente fermentáveis que permitem modificações específicas na composição e/ou atividade da microbiota intestinal (WANG, 2009). Os Simbióticos referem-se à combinação de bactérias probióticas e de substâncias prebióticas afetando benéficamente o hospedeiro por melhorar a sobrevivência e implantação de micro-organismos vivos no trato gastrointestinal e por favorecer seletivamente o crescimento ou atividade metabólica de bactérias promotoras de saúde no cólon (O'SULLIVAN, 2001).

Dentre os diversos micro-organismos probióticos, os pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* figuram como os mais empregados em alimentos (KARIMI, SOHRABVANDI e MORTAZAVIAN, 2012), enquanto os iogurtes e leites fermentados constituem os principais representantes de inserção destas culturas e de ingredientes prebióticos (SAXELIN, 2008). Os principais prebióticos utilizados pela indústria de alimentos

são os frutanos do tipo fruto-oligossacarídeos (FOS) e inulina (SIRÓ et al., 2008), sendo ainda os únicos para os quais a alegação de efeito sobre a composição da microbiota intestinal é permitida no Brasil (BRASIL, 2008).

Segundo SAAD et al. (2013), a estimulação seletiva da multiplicação das bactérias benéficas no cólon, potencial para reprimir patógenos e limitar virulência por imunestimulação, modulação de funções fisiológicas, como a absorção de cálcio e o metabolismo lipídico e redução do risco de câncer de cólon são alguns dos benefícios atribuídos aos ingredientes prebióticos. Os benefícios promovidos pela ingestão de microorganismos probióticos envolvem a regulação do fluxo intestinal, redução do colesterol, aumento da tolerância à lactose, melhora na absorção de ferro e cálcio, redução de compostos tóxicos no organismo, reforço do sistema imunológico, prevenção de câncer e supressão de tumores, prevenção da osteoporose, aumento da biodisponibilidade de nutrientes dentre outros (GRANATO et al, 2010).

A yacon (*Smallanthus sonchifolius*) caracteriza-se principalmente por ser rica em frutanos e ácidos fenólicos, apresentando efeito prebiótico e antioxidante, respectivamente. Muitos estudos *in vivo* e *in vitro* já foram realizados, utilizando este tubérculo e seus derivados, comprovando suas atividades benéficas à saúde, além de possuir grande potencial na tecnologia do desenvolvimento de novos produtos alimentícios (GUSSO; MATTANNA e RICHARDS, 2015).

O iogurte é considerado um alimento saudável que apresenta um papel importante nos hábitos alimentares de diversas nações, independentemente do nível de desenvolvimento socioeconômico (ZHU et al, 2009). Alguns estudos reconhecem as características nutricionais do iogurte e a presença de uma série de fatores multidimensionais implicados na promoção da saúde humana (GOBBATO et al, 2008; BASTIANI, 2009). Além dos iogurtes tradicionais, muitos estudos confirmam a aptidão dessa matriz alimentícia na suplementação de culturas probióticas com inúmeros benefícios clínicos resultantes da ingestão desse alimento (FABIAN et al, 2008; URBANSKA et al, 2009; KIM et al, 2009; RUTELLA; TAGLIAZUCCHI e SOLIERI, 2016).

Outras pesquisas apostam no desenvolvimento de iogurtes e leites fermentados com matéria-prima proveniente de outras espécies, destacando seus benefícios nutricionais, tecnológicos e características sensoriais (GAJO et al., 2010; MAZOCHI et al., 2010; LEAL et al., 2013; FAVA; GUERRREIRO e PINTO, 2014; GUIMARÃES et al., 2015; BONCZAR et al., 2016; IBRAHEM e ZUBEIR, 2016; MIOR; NOVELLO e DINON, 2016).

Apesar de inúmeros trabalhos utilizando leite de ovelha e de outras espécies no desenvolvimento de novos produtos, são escassos os estudos *in vivo* utilizando estas matrizes, assim como a constatação dos benefícios relacionados a combinação delas com ingredientes prebióticos e fontes probióticas ao hospedeiro. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do consumo de iogurtes de leite de ovelha adicionados com *Bifidobacterium lactis* e farinha de yacon em modelo animal.

2. Materiais e Métodos

Este experimento iniciou-se após a aprovação do Comitê de Ética e Bem Estar Animal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS, sob o protocolo CEUA nº 6340010715. Os procedimentos foram realizados de acordo com as normas preconizadas pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), cumprindo a constituição do Estado sob a Lei n.º11.915, artigo 82, inciso IV de 21 de maio de 2003 (RIO GRANDE DO SUL, 2003). Os animais foram cedidos pelo Biotério da UFSM e a pesquisa desenvolvida no laboratório de Fisiologia Experimental da mesma Universidade (LaFEx, UFSM).

Foram elaborados quatro iogurtes de leite de ovelha (controle, prebiótico, probiótico e simbiótico), e estes foram administrados aos respectivos grupos de cinco animais cada (ratos jovens, *Wistars*, machos) durante 45 dias. Todos os iogurtes continham 1% de cultura starter (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus termophilus*) e os iogurtes probiótico e simbiótico 1% de cultura probiótica (*Bifidobacterium lactis* BLC 1). A viabilidade dessas bactérias foram acompanhadas semanalmente durante o período experimental, seguindo a metodologia proposta por Castele et al. (2006).

Os grupos foram denominados de acordo com as características dos iogurtes administrados, sendo:

- Grupo Controle: iogurte de leite de ovelha.
- Grupo Prebiótico: iogurte de leite de ovelha adicionado de 5% de farinha de yacon.
- Grupo Probiótico: iogurte de leite de ovelha adicionado de cultura probiótica.
- Grupo Simbiótico: iogurte de leite de ovelha adicionado de 5% de farinha de yacon e cultura probiótica.

Os animais dos respectivos grupos experimentais foram alojados em gaiolas coletivas, cinco animais por gaiola, em ambiente com temperatura média de 22 °C e regime de luminosidade invertido de 12 horas de escuridão e 12 horas de claridade. Estes receberam água e ração comercial *ad libitum* e tiveram um período de adaptação de cinco dias antes da

experimentação. Os iogurtes foram administrados via gavagem, uma vez ao dia, sendo a dose/animal/via oral de 1 mL.

Todos os animais foram pesados, no primeiro dia de cada semana, ao longo de 50 dias, em balança eletrônica digital (Marte Brasil, modelo AS5500C), podendo assim ser determinado o peso inicial e o ganho de peso ao final do experimento. A ração comercial foi pesada todos os dias, assim como seu excedente, permitindo o cálculo do coeficiente de eficiência alimentar (CEA) que relaciona o ganho de peso total dos animais (g) pelo consumo total de dieta (g). O fígado e a gordura epididimal de cada animal foi pesado após a eutanásia. Os lipídios presentes nas fezes foram determinados segundo Bligh e Dyer (1959), as fezes foram coletadas na última semana do período experimental e secas em estufa de circulação de ar forçada (105 °C/12 h).

Os animais foram submetidos a 12 horas de jejum e eutanasiados através de anestesia profunda induzida por pentobarbital sódico (150 mg/kg via intraperitoneal) misturado com lidocaína (10 mg/mL). Logo após realizou-se a incisão das cavidades abdominal e torácica, para retirada dos órgãos de interesse e a coleta de sangue foi realizada através de punção cardíaca, utilizando seringas descartáveis para cada animal. O sangue foi acondicionado em tubos de ensaio de 5 mL e estocado a 4 °C até a análise. Alíquotas de sangue foram centrifugadas (4000 rpm por 10 min), para separação do soro a ser analisado, o qual foi conservado sob congelamento até as análises bioquímicas. As dosagens sorológicas de colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicerídeos, glicose, cálcio total, cálcio ionizável, albuminas e proteínas totais foram realizadas utilizando kits comerciais (Bioclin/Quibasa, Minas Gerais, Brasil) e a leitura realizada em analisador bioquímico semiautomático (Genz, Bioplus: Bio-2000).

No cólon ascendente foi realizado a contagem de *Bifidobacterium lactis*. A metodologia seguida foi a de Castele, et al. (2006), com adaptações. O material recolhido em placas de Petri estéreis foi pesado (1,0 g) e transferido assepticamente para um tubo de ensaio contendo 9,0 mL de diluente (água peptonada). Em seguida, foram realizadas as diluições decimais (10^{-1} até 10^{-9}) necessárias para o plaqueamento em profundidade utilizando-se meio seletivo, ágar MRS-IM com glicose e adicionado de soluções de dicloxacilina, cloreto de lítio e cloreto de cisteína, seguida de incubação em anaerobiose a 37 °C por 72 horas.

O conteúdo cecal foi analisado quanto à produção de ácidos graxos de cadeia curta por cromatografia gasosa conforme método proposto por Bianchi et al. (2011), com adaptações. Em tubos de ensaio de 5 mL foram pesados 0,5 g de amostra e adicionado 5,5 mL de água destilada, seguido de agitação em vortex por 5 minutos. Os tubos foram centrifugados a 3500

rpm por 10 minutos. Uma alíquota de 1 mL foi retirada do sobrenadante e colocada em vial de extração de 5 mL, adicionando-se solução H_2SO_4 1M para acidificação da amostra ($\text{pH} \approx 2$). A extração dos ácidos graxos de cadeia curta foi realizada pelo método de microextração em fase sólida (SPME), utilizando a fibra Car/PDMS (Supelco, 10 mm), a uma temperatura de 40 °C sob agitação, com um tempo de equilíbrio de 10 minutos e, após, 30 minutos de extração.

A fibra SPME foi dessorvida no injetor (230 °C, modo Split; razão 1:20) do cromatógrafo a gás equipado com um detector de ionização em chama (CG-FID Varian, Star 3400 CX). A separação dos voláteis foi realizada em uma coluna capilar de sílica fundida ZB Wats Plus (30 m/0,25 mm, 0,25 μm) usando hidrogênio como gás de arraste (pressão 15 psi, fluxo 1,3 mL/min). O forno cromatográfico foi programado para iniciar em 50 °C por 1 min, posteriormente foi adicionada uma rampa com um gradiente de 5 °C/min até 110 °C, 15 °C/min até 230 °C, mantendo-se em isoterma por 10 min. A temperatura do detector de ionização em chama foi de 230 °C. A identificação dos ácidos graxos de cadeia curta foi realizada pela comparação dos tempos de retenção do analito com os padrões autênticos de ácido acético, propiônico e butírico (Sigma Aldrich), e a quantificação foi realizada por meio de uma curva de calibração calculada na faixa de 250 – 3000 mg/L com os mesmos padrões.

Determinou-se o conteúdo mineral dos iogurtes, da ração e dos fêmures esquerdo de todos os animais. Sendo estes fêmures limpos e secos em estufa a 110 °C durante 12 horas. As amostras ósseas e as dietas foram pesadas e digeridas por via úmida com ácido nítrico e perclórico (Merck, Alemanha) em bloco digestor e diluídas com água milli-Q. As concentrações de Ca e Mg foram avaliadas utilizando espectrofotômetro de absorção atômica (SpectrAA-20 Plus, Varian) após diluições adequadas com solução de La_2O_3 (1%, Merck, Alemanha). Utilizou-se um grama de padrões de Ca (Titrisol, Merck, Alemanha) e Mg (metálico, Merck, Alemanha) para obter as curvas de calibração. As concentrações de P foram medidas espectrofotometricamente após reação com molibdato de amônio e metavanadato de amônio segundo Quinlan e Sesa (1955).

Os fêmures direito foram avaliados quanto as propriedades biomecânicas de acordo com a metodologia proposta por Vicentini et al. (2007). Após serem dissecados, os fêmures foram limpos das partes moles e pesados sendo, posteriormente, envolvidos em gaze embebida com solução fisiológica e conservados a -20 °C até o momento da análise. Os ensaios realizados foram de flexão simples em três pontos, que consiste em apoiar o fêmur sob dois suportes distanciados e aplicar uma carga no centro da amostra como pode ser observado na Figura 1. O teste foi realizado em analisador de Textura TA.XT plus operado com o software Exponent 6.1.3.0 (Stable Micro Systems). A extensão de suporte foi de 16

mm (HDP/3PB probe) ligada a uma célula de carga de 50 kg, usando uma velocidade ajustada de 0,6 mm/min. A curva de deslocamento de carga de cada fêmur foi utilizada para determinar o limite de elasticidade (mm) e a carga final (N).

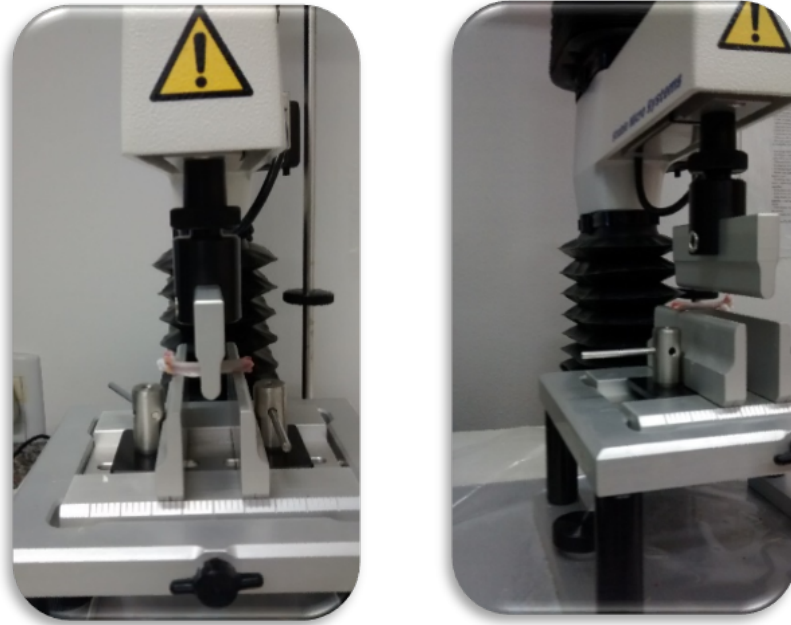


Figura 1 - Análise das propriedades biomecânicas dos fêmures direito de ratos machos *Wistar*. Fonte: o autor.

O modelo estatístico utilizado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) em programa estatístico Statistica® 7.0 for Windows. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) univariada e suas médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 2, 3 e 4 mostram a viabilidade das bactérias ácido lácticas e probiótica, durante o período experimental, dos iogurtes de leite de ovelha.

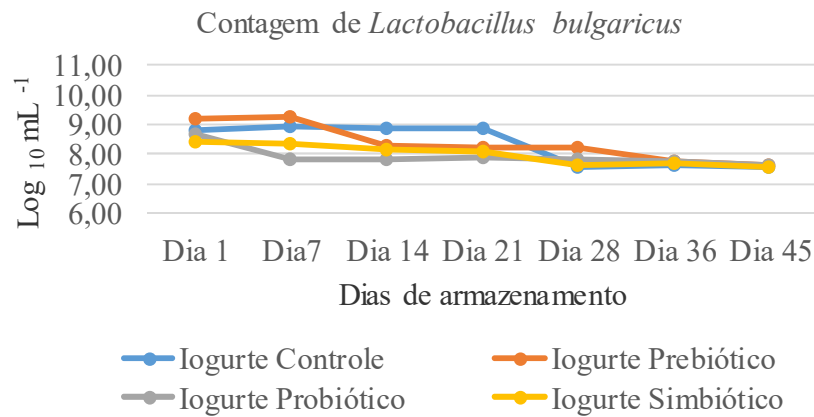


Figura 2 - Contagem de *Lactobacillus delbueckii subsp. bulgaricus* nos iogurtes de leite de ovelha durante 45 dias de armazenamento.

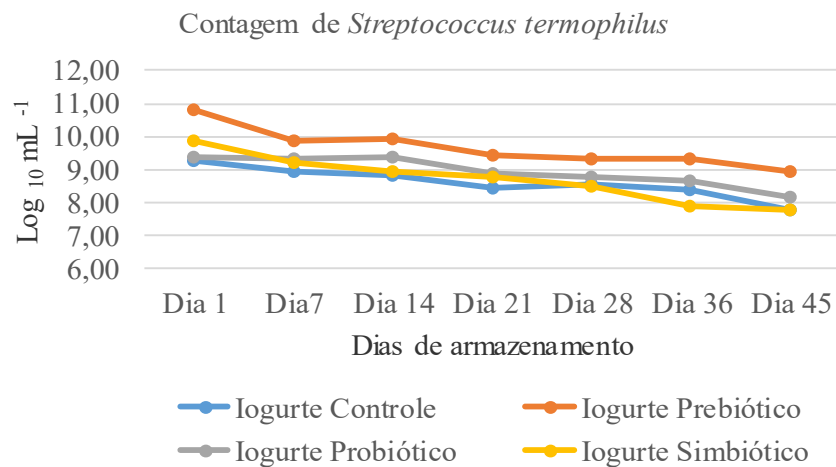


Figura 3 - Contagem de *Streptococcus termophilus* nos iogurtes de leite de ovelha durante 45 dias de armazenamento.

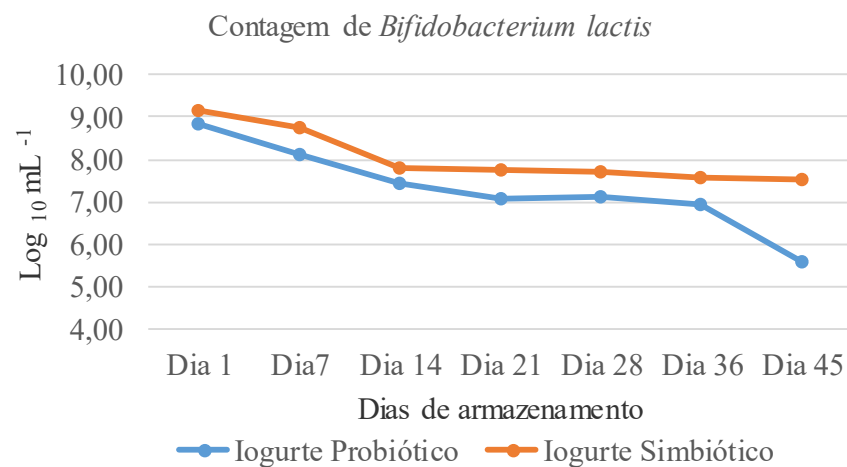


Figura 4 - Contagem de *Bifidobacterium lactis* nos iogurtes de leite de ovelha durante 45 dias de armazenamento.

De acordo com a legislação brasileira vigente para leites fermentados (IN nº 46/2007), os micro-organismos específicos dos iogurtes (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade. De modo geral as bactérias lácticas mantiveram-se viáveis até o fim do período de armazenamento dos iogurtes, com contagens não inferiores ao mínimo (7 log mL⁻¹) recomendado pela *International Dairy Federation* (IDF, 1992) e atendendo a legislação brasileira vigente para leites fermentados (BRASIL, 2007).

A obtenção de efeitos terapêuticos desejáveis em produtos lácteos probióticos, tais como iogurtes e leites fermentados, requer a viabilidade das bactérias probióticas a serem mantidas a um nível suficiente ao longo do período de armazenamento do produto (Granato et al., 2010; Figueroa-González et al., 2011). A legislação de leites fermentados regulamenta que, no caso em que se mencione o uso de bifidobactérias, a contagem deverá ser de no mínimo 10⁶ UFC de bifidobactérias g⁻¹ ou mL⁻¹ (BRASIL, 2007).

O iogurte probiótico produzido neste estudo, apresentou contagens dentro deste padrão até a sexta semana de armazenamento (36 dias), apresentando 5,6 log mL⁻¹ na última semana de análise. A queda na contagem deste micro-organismo pode estar relacionada a diversos fatores, tais como, exposição ao oxigênio, calor e ácidos produzidos durante o período de armazenamento (STANTON et al, 2003). Portanto, a eficácia deste iogurte como produto probiótico, poderá ser considerada por apenas 36 dias, período em que as contagens permaneceram dentro do padrão estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2007).

O iogurte simbiótico obteve contagens superiores de *Bifidobacterium lactis* quando comparado ao iogurte probiótico em todas as semanas de análises. Este resultado pode estar relacionado a ação sinérgica da FY utilizada como fonte prebiótica. Saad (2006) afirma, que a necessidade de manter um número elevado de micro-organismos probióticos viáveis no produto final é decorrente da dose mínima diária recomendada, cerca de 8 - 9 log células viáveis, obtidas pelo consumo de 100 gramas de produto com 6 -7 log células viáveis mL⁻¹ ou g⁻¹, sendo que estes produtos devem ser consumidos regularmente para manter o efeito dos micro-organismos na composição da microbiota intestinal.

Na Tabela 1 podem ser observados os pesos iniciais dos animais e os efeitos causados pelo consumo dos iogurtes de leite de ovelha em alguns parâmetros estudados.

Tabela 1 - Efeito do consumo da ração e dos iogurtes sobre o ganho de peso, coeficiente de eficiência alimentar (CEA), peso do fígado, gordura epididimal e lipídios nas fezes. Santa Maria, RS, 2016.

Parâmetros	Grupos			
	Controle	Prebiótico	Probiótico	Simbiótico
Peso inicial (g)	212±9,17 ^{ab}	207,6±7,92 ^{ab}	203,8±11,90 ^b	226,2±12,59 ^a
Ganho de Peso (g)	203,4±10,48 ^a	181,8±13,59 ^a	190,4±14,15 ^a	188,8±11,60 ^a
CEA (g)	0,17±0,00 ^a	0,16±0,00 ^a	0,17±0,00 ^a	0,15±0,00 ^a
Consumo total da ração (g) (50 dias)	1227,80±1,25 ^b	1107,40±0,98 ^d	1139,00±1,13 ^c	1291,60±1,25 ^a
Consumo total de iogurtes (mL/45 dias)	45±0,00 ^a	45±0,00 ^a	45±0,00 ^a	45±0,00 ^a
Peso do fígado (g)	14,23±1,43 ^a	12,36±1,10 ^a	13,28±1,73 ^a	14,95±1,38 ^a
Peso da gordura epididimal (g)	7,26±0,98 ^a	6,07±0,78 ^a	6,82±1,26 ^a	6,67±1,43 ^a
Quantidade de lipídios nas fezes (g/100g)	5,67±0,66 ^c	5,34±1,12 ^d	6,23±0,93 ^a	6,11±1,02 ^b

Valores são as médias ± desvio padrão (n=5). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05).

O grupo que recebeu o iogurte simbiótico de leite de ovelha foi o que apresentou maior valor médio de peso inicial, corroborando com o consumo total da ração durante o período experimental. Apesar da diferença observada (p<0,05) nos pesos iniciais dos grupos, os mesmos não apresentaram diferença estatística (p>0,05) para o ganho de peso durante os 50 dias, assim como para o CEA, peso do fígado e gordura epididimal. Como pode ser visualizado na Figura 5 o consumo da ração acrescida da ingestão dos iogurtes de leite de ovelha refletiu em um crescimento ascendente dos animais, porém, não apresentando diferença significativa (p>0,05) no ganho de peso entre os grupos.

A quantidade de lipídios encontrada nas fezes dos animais diferiram (p<0,05) entre os grupos (Tabela 1). O grupo probiótico apresentou maior excreção de lipídios nas fezes seguido do grupo simbiótico, o que nos permite supor que o micro-organismo probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais, corroborando com os resultados de colesterol total e triglicerídeos obtidos para o grupo probiótico, apresentados na Tabela 3. Sabe-se que há uma interação entre as estrutura dos lipídios e das fibras fazendo com que parte da gordura que passa pelo trato gastrointestinal não seja absorvida (GONZAGA, 2013). Apesar da FY ser rica em fibras, este efeito não foi observado no grupo prebiótico, que apresentou baixa excreção de lipídios quando comparado aos outros grupos experimentais.

Tabela 2 - Parâmetros sorológicos determinados após 45 dias de consumo dos iogurtes de leite de ovelha. Santa Maria, RS, 2016.

Parâmetros	Grupos			
	Controle	Prebiótico	Probiótico	Simbiótico
Colesterol (mg/dL)	100,8±31,33 ^{ab}	124,6±22,57 ^a	76,6±14,79 ^b	78±9,54 ^b
HDL (mg/dL)	17,6±3,65 ^{ab}	20,8±2,59 ^a	15,4±2,79 ^b	13,8±1,48 ^b
LDL (mg/dL)	59,8±24,91 ^{ab}	80,4±15,03 ^a	43,2±9,31 ^b	41,4±13,69 ^b
Triglicerídeos (mg/dL)	117,6±39,58 ^a	115,2±38,72 ^a	90,6±20,95 ^b	114,6±56,63 ^a
Glicose (mg/dL)	194±46,24 ^b	209,2±29,73 ^a	199,2±19,59 ^{ab}	205,6±18,01 ^a
Ca Total (mg/dL)	9,62±0,25 ^a	9,82±0,83 ^a	9,84±0,27 ^a	9,36±0,18 ^a
Ca Ionizável (mg/dL)	5,56±0,11 ^a	5,6±0,29 ^a	5,64±0,11 ^a	5,42±0,11 ^a
Albuminas (g/L)	3,06±0,11 ^a	3,18±0,29 ^a	3,18±0,08 ^a	3,04±0,09 ^a
Proteínas totais (g/dL)	5,62±0,33 ^a	5,84±0,43 ^a	5,58±0,23 ^a	5,34±0,15 ^a

Os valores são as médias ± desvio-padrão (n=5). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05).

Os valores de colesterol total foram diferentes estatisticamente (p<0,05) entre os grupos experimentais, sendo o grupo probiótico o que apresentou menor conteúdo de colesterol e triglicerídeos, seguido do grupo simbiótico. Na pesquisa de Lollo et al. (2013) também foram descritos resultados semelhantes ao deste estudo, porém, analisaram iogurtes fabricados com leite de vaca. Os autores encontraram os menores valores de colesterol total nos grupos alimentados com iogurte propriótico (sedentário – 59,59 mg/dL e esgotado – 55,65 mg/dL).

Os micro-organismos probióticos facilitam a formação da chamada barreira probiótica no intestino, impedindo, assim, a colonização do microbioma por bactérias patogênicas. Alguns dos mecanismos descritos para esse impedimento são a competição que ocorre no intestino favorecendo as bactérias probióticas, o estímulo do sistema imunológico facilitando a defesa do organismo, significativa redução dos níveis de colesterol total com diminuição do LDL colesterol, melhora da digestão de proteínas e aumento da absorção de vitaminas e minerais (VARAVALLO et al., 2008).

O grupo alimentado com iogurte de leite de ovelha simbiótico apresentou menor valor para os parâmetros HDL e LDL, não diferindo (p>0,05) dos grupos probiótico e controle. Os resultados mostram que a adição de FY nos iogurtes administrados aos animais (grupo prebiótico e simbiótico) promoveram um aumento na glicose sérica dos mesmos. Este resultado é contraditório a algumas pesquisas que fizeram uso da ingestão de extrato aquoso de yacon e yacon liofilizada, onde observaram uma redução da glicemia no sangue tanto em

ratos como em humanos, nos estudos de Oliveira et al. (2013) e Scheid (2013) respectivamente.

Outros estudos também evidenciaram que o consumo moderado de produtos feitos à base de yacon está relacionado com a redução dos níveis de glicemia plasmáticos (GENTA et al., 2009; RODRIGUES, 2011) e de triglicérides (VALENTOVA, 2008). Porém, estes efeitos não foram observados no presente estudo. O tempo decorrido no tratamento e a quantidade de FY administrada podem ter influenciado neste resultado, uma vez que se trata da prevenção deste quesito. Os parâmetros de cálcio total, cálcio ionizável, albuminas e proteínas totais não apresentaram diferenças estatísticas ($p>0,05$) entre os grupos.

A Figura 5 mostra a contagem de bifidobactérias no cólon ascendente dos grupos experimentais. Nesta análise não foi possível fazer a identificação molecular da bactéria probiótica observada no cólon dos animais. Portanto, os resultados são apresentados como bifidobactérias como um todo, podendo haver interferências de outras bactérias probióticas, o que justifica a contagem dessas nos grupos controle e prebiótico. Acurcio et al. (2014), estudaram o potencial probiótico de diversas bactérias ácido lácticas isoladas, enumeradas e identificadas através de biologia molecular no leite ovino, o que explica a contagem de bactérias probióticas nos grupos que não tiveram administração de *Bifidobacterium lactis*.

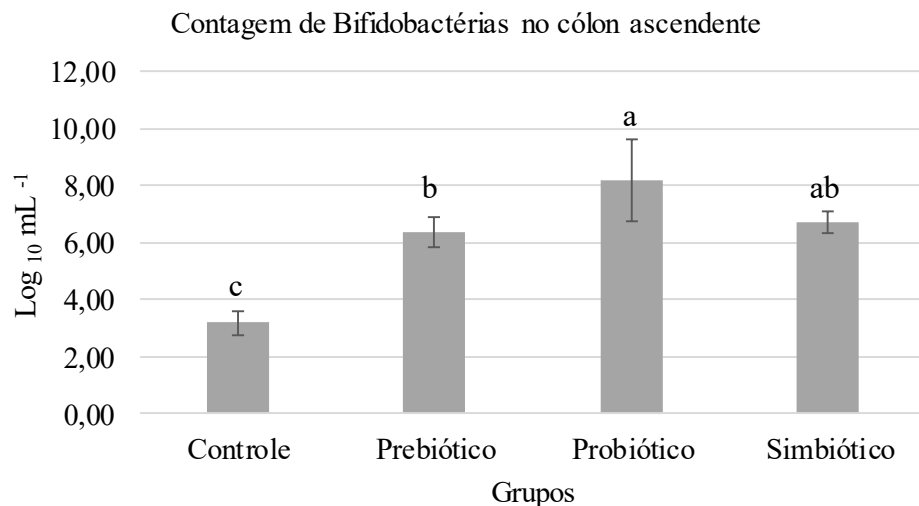


Figura 5 - Contagem de Bifidobactérias no cólon ascendente dos animais em seus respectivos grupos experimentais.

É importante lembrar que, embora não exista um consenso sobre o assunto, é recomendado que produtos lácteos probióticos, como o iogurte, apresentem contagens viáveis

de micro-organismos na faixa de 8 a 9 \log_{10} mL⁻¹ do produto, para exercer a funcionalidade no consumidor, devido as possíveis perdas durante a passagem pelo trato gastrointestinal humano (SHAH, 2000). A presença de bactérias probióticas no microbioma intestinal é desejável, pois atua na produção de metabólitos de ação benéfica como os ácidos graxos de cadeia curta (WAITZBERG et al., 2012), substâncias antimicrobianas e imunostimulantes (LOUIS, et al., 2007), no aumento da absorção mineral (LOBO, et al., 2007), promovem a diminuição dos níveis de colesterol séricos e triglicerídeos (VASILJEVIC e SHAH, 2008), melhoram a digestão da lactose em indivíduos intolerantes à lactose, além de outros efeitos atribuídos (SAAD, CRUZ e FARIA, 2011).

As amostras de cólon ascendente do grupo probiótico, apresentaram contagens superiores a 8 \log_{10} mL⁻¹, o que permite inferir que a cultura de *Bifidobacterium lactis* presente no iogurte administrado foi viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal e permaneceu em quantidades significativas para promoção de efeitos benéficos à saúde como descritos anteriormente. Apesar da queda na contagem desse micro-organismo no iogurte na última semana de experimentação pode-se supor que a colonização do microbioma dos ratos por bifidobactérias foram eficientes. A Tabela 3 apresenta os valores dos ácidos graxos voláteis encontrados no conteúdo cecal dos animais, após 45 de experimentação.

Tabela 3 - Quantificação de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal ($\mu\text{mol/g}$) de ratos *Wistar* adultos.

Ácidos graxos	Grupo controle	Grupo prebiótico	Grupo probiótico	Grupo simbiótico
Acético	60,04±11,95 ^a	50,50±12,22 ^{ab}	43,33±8,40 ^b	45,47±7,41 ^b
Propiônico	26,36±7,88 ^a	24,45±9,53 ^{ab}	23,74±3,50 ^b	21,59±5,08 ^b
Butírico	7,70±3,44 ^a	6,62±2,59 ^b	8,72±2,19 ^a	7,36±2,04 ^a

Os valores são as médias \pm desvio-padrão (n=5). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05).

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) constituem os principais ânions do conteúdo colônico e cecal. São produzidos através da fermentação bacteriana de polissacarídeos, oligossacarídeos e proteínas advindos da dieta. Os AGCC, dentre eles, acético, propiônico e butírico, desempenham um papel vital na manutenção da integridade do cólon e do metabolismo (CUMMINGS e MACFARLANE, 1991; VASILJEVIC e SHAH, 2008).

De acordo com a Tabela 4, o grupo controle apresentou os maiores conteúdos de ácido acético e propiônico não diferindo estatisticamente (p>0,05) do grupo prebiótico. Já o ácido butírico foi produzido em maior quantidade no conteúdo cecal do grupo probiótico (8,72

$\mu\text{mol/g}$). O ácido butírico tem importante ação no microbioma intestinal, uma vez que é utilizado como substrato energético pelos colonócitos (MAKI et al., 2012). A determinação dos AGCC produzidos pela fermentação no cólon e ceco servem como uma ferramenta para avaliar os efeitos prebióticos e probióticos dos alimentos ditos funcionais. Apesar das diferenças ($p < 0,05$) observadas nos grupos experimentais, não foi constatado benefícios significativo na produção dos ácidos acético e propiônico para os grupos com alegação funcional.

Alguns estudos reportam que a utilização de diversas fontes prebióticas apresentam efeitos benéficos na produção dos AGCC (HENNINGSSON; BJÖRCK e NYMAN, 2001; MACFARLANE e MACFARLANE, 2003; CHEN et al., 2013; LI et al., 2014), contudo, os resultados do presente estudo não puderam confirmar a ação prebiótica da FY como relatado em outras pesquisas (LOBO et al., 2011; CAMPOS et al., 2012; SOUSA et al., 2015). Acredita-se que a quantidade de FY adicionada ao iogurte não foi suficiente para promover alguns desses benefícios esperados. Os conteúdos minerais dos fêmures analisados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Conteúdo mineral dos fêmures de ratos Wistar adultos. Santa Maria, RS, 2016.

Minerais mg/g osso seco	Grupos			
	Controle	Prebiótico	Probiótico	Simbiótico
Cálcio	225,61 \pm 7,20 ^a	219,72 \pm 5,45 ^a	223,87 \pm 9,44 ^a	209,74 \pm 6,06 ^b
Magnésio	54,52 \pm 2,40 ^b	58,03 \pm 1,61 ^{ab}	60,19 \pm 5,07 ^a	57,43 \pm 2,09 ^{ab}
Fósforo	106,36 \pm 2,36 ^b	113,06 \pm 1,82 ^a	110,17 \pm 4,93 ^a	108,40 \pm 1,85 ^{ab}

Os valores são as médias \pm desvio-padrão ($n=5$). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

O cálcio (Ca) é o mineral mais abundante no corpo humano, responsável por cerca de 1 a 2% do peso corporal. Cerca de 99% de todo o Ca do organismo encontra-se mineralizado nos ossos e dentes na forma de complexos cálcio-fosfato. Suas principais funções são fornecer resistência e força ao esqueleto e servir de reserva dinâmica para manter o balanço intra e extracelular de Ca. O restante encontra-se no sangue, no fluido extracelular, no músculo e em outros tecidos (SILVA e COZZOLINO, 2007; PEACOCK, 2010).

Este mineral não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$), no conteúdo ósseo dos grupos controle, prebiótico e probiótico. Segundo Yan et al. (2016), o efeito da microbiota intestinal sobre a saúde esquelética ainda é pouco compreendida. Porém, os autores demonstraram em suas pesquisas que a microbiota presente no intestino promove a formação óssea bem como a reabsorção, e que a formação de AGCC sugerem o mecanismo pelo qual a

microbiota afeta a saúde óssea, através da acidificação do meio para melhor absorção dos nutrientes.

Outros estudos (WANG e GIBSON, 1993; GIBSON e ROBERFROID, 1995; ZAMPA, 2004; SAYAR, JANNINK e WHITE, 2007) complementam que a formação de AGCC resultante da fermentação de carboidratos não digeríveis pela microbiota intestinal, tem ação direta na diminuição do pH do cólon, permitindo uma melhor absorção e biodisponibilidade dos minerais cálcio e magnésio. O mineral magnésio foi encontrado em maior quantidade nos fêmures do grupo probiótico, não diferindo ($p>0,05$) dos grupos prebiótico e simbiótico.

Em relação ao mineral fósforo (P), o grupo prebiótico foi o que apresentou maior concentração deste mineral nos fêmures, não diferindo ($p>0,05$) dos grupos probiótico e simbiótico. O fósforo está presente em alimentos ricos em proteínas, como os produtos lácteos, carnes, peixes, ovos, leguminosas, nozes e grãos integrais. Este mineral é considerado essencial para formação da estrutura óssea e dos dentes, além de outras funções metabólicas primordiais (BENINI et al., 2011). Não houve diferença estatística ($p>0,05$) para os minerais avaliados entre os iogurtes formulados.

As Figuras 6 e 7 representam os parâmetros avaliados nas análises das propriedades biomecânicas dos fêmures.

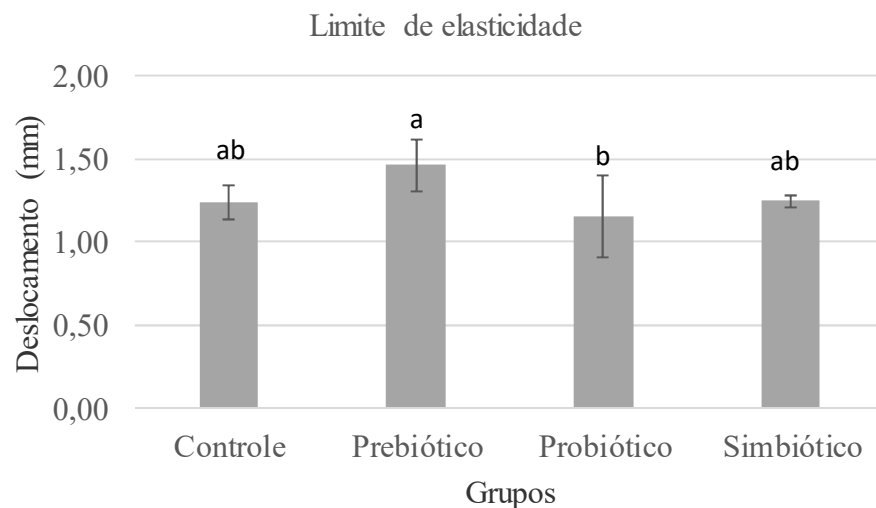


Figura 6- Limite de elasticidade dos fêmures de ratos *Wistar* adultos.

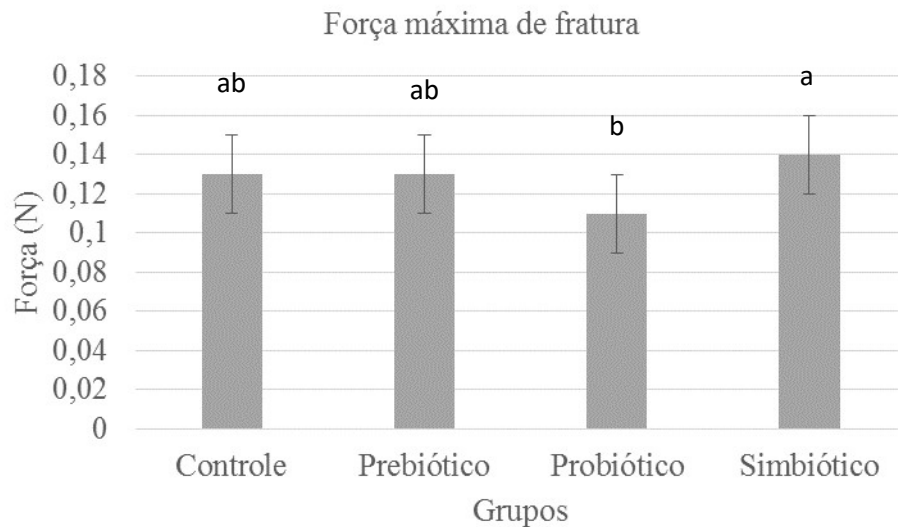


Figura 7 - Força máxima de fratura dos fêmures de ratos *Wistar* adultos.

Testes laboratoriais aplicados em modelos biológicos têm sido utilizados para avaliar as propriedades biomecânicas e estimar o comportamento clínico do osso (VANDERHYDEN et al., 2013; HÁ et al., 2013). Dentre estas propriedades destacam-se o limite ou módulo de elasticidade e a força ou dureza do tecido ósseo. O tecido ósseo apresenta disposição biológica que permite atender os vários tipos de forças as quais está sujeito (CURREY, 2005). Segundo Junqueira e Carneiro (2008) a parte inorgânica que compõe o tecido ósseo é responsável pela dureza do mesmo, sendo composta principalmente por fosfato de cálcio (58% do peso do osso); já a parte orgânica é predominantemente constituída de colágeno que lhe dá elasticidade.

Conforme mostrado na Figura 7, o grupo prebiótico apresentou o maior limite de elasticidade (1,46 mm), não diferindo ($p > 0,05$) dos grupos controle e simbiótico. Neste caso, a matriz de colágeno contribui com a capacidade do osso em poder ser flexionado sem se romper (GUADALUPE-GRAU et al., 2009). Em relação a força máxima de fratura, os resultados (Figura 8) indicam que o grupo simbiótico foi o que apresentou maior resistência óssea (0,14 N) não diferindo também dos grupos controle e prebiótico. Em ambos os testes o grupo probiótico obteve os menores escores biomecânicos, não evidenciando benefícios significativos advindos da ingestão da cultura probiótica por este grupo.

4. Conclusões

Os efeitos do consumo de iogurtes de leite de ovelha foram em partes satisfatórios. O iogurte probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais, como observado nos maiores valores de lipídios excretados nas fezes e nos menores conteúdos de colesterol e triglicérides séricos. Apesar das contagens de *Bifidobacterium lactis* no iogurte probiótico ter sido menores que no iogurte simbiótico e ter apresentado queda na última semana, este microorganismo foi viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal e permaneceu em quantidades significativas no cólon ascendente do grupo probiótico mostrando sua ação como alimento funcional. A administração de *Bifidobacterium lactis* aos grupos não apresentou efeito significativo no conteúdo mineral ósseo.

Acredita-se que a quantidade de FY suplementada aos iogurtes não foi suficiente para promover alguns dos benefícios esperados, tais como redução da glicose sérica e maior produção de AGCC no ceco, como relatado em outros estudos. Contudo a administração da FY promoveu uma melhora nas propriedades biomecânicas dos fêmures em relação ao grupo probiótico e controle.

Referências

- ACURCIO, L. B. et al. Isolation, enumeration, molecular identification and probiotic potential evaluation of lactic acid bacteria isolated from sheep milk. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.66, n.3, p.940-948, 2014.
- BASTIANI, M. I. D. **Iogurte adicionado de concentrado proteico de soro de leite e farinha de linhaça: desenvolvimento, qualidade nutricional e sensorial.**(tese de doutorado). Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados.** Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas para alimentos com alegações de propriedades funcionais e / ou de saúde, novos alimentos / ingredientes, substâncias bioativas e probióticos.** Brasília, 2008.
- BENINI, Omar et al. Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: a real and insidious danger for renal patients. **Journal of Renal Nutrition**; v.21, n.4, p. 303-308, jul. 2011.
- BIANCHI, F. et al. Development of a headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometric method for the determination of short-chain fatty acids from intestinal fermentation. **Food Chemistry**, v. 129, p 200-205, 2011.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BONCZAR, G. et al. Effect of dairy animal species and of the type of starter cultures on the cholesterol content of manufactured fermented milks. **Small Ruminant Research**, v. 135, p. 22 -26, 2016.

CAMPOS, D. et al. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) a source of fructo-oligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1592-1599, 2012.

CASTEELE, A. et al. Evaluation of culture media for selective enumeration of probiotic strains of lactobacilli and bifidobacteria in combination with yoghurt or cheese starters. **International Dairy Journal**, v.16, p.1470–1476, 2006.

CHEN, J. et al. Pectic-oligosaccharides prepared by dynamic high-pressure microfluidization and their in vitro fermentation properties. **Carbohydrate Polymers**, n. 91, p. 175-182, 2013.

CUMMINGS, J. H; MACFARLANE, G. T. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon, **J. Appl. Bacteriol**, v.70, p. 443–459, 1991.

CURREY, J. D. Bone architecture and fracture. **Curr Osteoporos Rep.**, v. 3, n. 2, p. 52-56, 2005.

FABIAN. E.; MARJCHRZAK. D.; DIEMINGER, B.; MEYER, E.; ELMADFA, I. Influence of probiótico and conventional yogurt on the status of Vitamins B1, B2 and B6 in young healthy women. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v.52, p. 29-36, 2008.

FAVA, L. W.; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C.; PINTO, A. T. Rendimento de coalhada obtida a partir de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune e caracterização física do soro obtido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.937-942, 2014.

FAO/WHO. **Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación**: Estudio FAO Alimentación y Nutrición, Roma, 2006. 45p.

FIGUEROA-GONZÁLEZ, I., G. QUIJANO, G. RAMÍREZ, AND A. CRUZ-GUERRERO. 2011. Probiotics and prebiotics—Perspectives and challenges. **J. Food Sci. Agric.** 91:1341–1348.

GAJO, A. A. et al. Avaliação da composição química e características sensoriais de bebidas lácteas fermentadas elaboradas com leite de ovelha. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, nº 374, p. 59-65, 2010.

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

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

- GOBBATO, N.; RACHID, M.; PERDIGÓN, G. Anti-inflammatory effect of yoghurt in an experimental inflammatory bowel disease in mouse. **Journal of Dairy Research**, v.75, p.497-504, 2008.
- GONZAGA, D. G. **Doces de frutas do cerrado de baixo valor calórico adicionados de prebióticos: efeitos biológicos em ratos**. 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.
- GRANATO, D., G. F. BRANCO, A. G. CRUZ, J. A. F. FARIA, AND N. P. SHAH. 2010. Probiotic dairy products as functional foods. **Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.** 9:455–470.
- GUADALUPE-GRAU, A.; FUENTES, T.; GUERRA, B.; CALBET, J. A. Exercise and bone mass in adults. **Esports Med**, v. 39, n.6, p. 439-468, 2009.
- GUIMARÃES, D. H. P.; SILVA, F. R. S. R.; LÊNTHOLA, N. M. Iogurte elaborado à base de leite de búfala sabor queijo com geleia de goiaba. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 57-61, 2015.
- GUSSO, A. P. MATTANNA, P. RICHARDS, N. S. P. S. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, 2015.
- HÁ, C. T. et al. Genistein nanoparticles protect mouse hematopoietic system and prevent proinflammatory factors after gamma irradiation. **Radiat Res**, v. 180, n. 3, p. 316-325, 2013.
- HENNINGSSON, Å.; BJÖRCK, I.; NYMAN, M. Short-chain fatty acid formation at fermentation of indigestible carbohydrates, **Food Nutr. Res.** 45 (2001) 165– 168.
- IBRAHEM, S. A.; ZUBEIR, I. E. M. El. Processing, composition and sensory characteristic of yoghurt made from camel milk and camel–sheep milk mixtures. **Small Ruminant Research**, v. 136, p. 109–112, 2016.
- IDF - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **General Standard of Identity for Fermented Milks**. Standard 163. , Brussels, Belgium. 1992.
- LEAL, N. S. et al. Aceitabilidade de iogurte de leite de ovelha com adição de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 1, p. 131-139, 2013.
- LI, T. et al. Antioxidant activity of penta-oligogalacturonide, isolated from haw pectin, suppresses triglyceride synthesis in mice fed with a high-fat diet. **Food Chemistry**, v. 145, p. 335-341, 2014.
- LIRANI-GALVÃO, A. P.; CASTRO, M. L. Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 54, n. 2, p. 171-178, 2010.
- LOBO, A.R. et al. Iron bioavailability from ferric pyrophosphate in rats fed with fructan containing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Food Chemistry**, v. 126, p. 885-891, 2011.

LOBO, A. et al. Effects of fructans containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. **British Journal of Nutrition**, v 97, p. 776-785, 2007.

LOLLO, P. C. B. et al. Probiotic yogurt offers higher immune-protection than probiotic whey beverage. **Food Research International**, n. 54, p. 118-124, 2013.

LOUIS, P. et al. Understanding the effects of diet on bacterial metabolism in the large intestine. **Journal of Applied Microbiology**, v. 102, p. 1197-1208, 2007.

KARIMI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. Review Article: Sensory Characteristics of Probiotic Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.11, p. 437-452, 2012.

KIM, J.G.; LEE, E.; KIM, S.H.; WHANG, K.Y.; OH, S.; IMM, J-Y. Effect of a Lactobacillus casei 939 fermented milk product on bone metabolism in ovariectomised rats. **International Dairy Journal**, v.19, p. 690-695, 2009.

RIO GRANDE DO SUL, Lei 11.915, de 21 de maio de 2003. **Institui o Código Estadual de Proteção aos Animais**. Constituição do Estado, art. 82 inc. IV, 29 maio de 2003.

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

ROLIM, P. M. et al. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 012-017, jan/fev, 2010.

RUTELLA, G. S.; TAGLIAZUCCHI, D.; SOLIERI, L. Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insights for developing a bifunctional dairy food. **Food Microbiology**, v. 60, p. 54 – 61, 2016.

SAAD, S.M.I; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos-Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. Varela: São Paulo. 2010. 669 p.

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

SAAD, N. et al. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 1-16, 2013.

SAXELIN, M. Probiotic Formulations and Applications, the current Probiotics Market and Changes in the Market Place: **A European Perspective**. **Clinical Infectious Disease**, v.46, p. 76-79, 2008.

SAYAR, S.; JANNINK, J-L; WHITE, P.J. Digestion residues of typical and high- β -glucan oat flours provide substrates for in vitro fermentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. California, v.55, n.13, p.5306-5311, jun. 2007.

SCHEID, M.M.A. **Avaliação dos efeitos do consumo de yacon liofilizado em idosos**. 2013. 122f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

SHAH, N.P. Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.894-907, 2000.

SILVA, A.G.H.; COZZOLINO, S.M.F. Cálcio. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de 7 nutrientes**. 2. ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.22, p.456-481.

SOUSA, S. et al. In vitro evaluation of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour prebiotic potential. **Food and Bioproducts Processing**, v. 95, p. 96-105, 2015.

SIRÓ, I. et al. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. **Appetite**. v. 51, p. 456-467, 2008.

STANTON, C.; DESMOND, C.; COAKLEY, M.; COLLINS, J.K.; FITZGERALD, G.; ROSS, P. **Challenges facing development of probiotic-containing functional foods**. In: MAZZA, G., ed. Handbook of fermented functional foods. Boca Ranton: CRC Press, 2003. p. 27–58.

MACFARLANE, S.; MACFARLANE, G. T. Regulation of short-chain fatty acid production, **Proc. Nutr. Soc.** 62 (2003) 67–72.

MAKI, K. C. Digestive and physiologic effects of a wheat bran extract, arabino-xylan-oligosaccharide, in breakfast cereal. **Nutrition**, n. 28, p. 1115-1121, 2012.

MAZOCHI, V. et al. Iogurte probiótico produzido com leite de cabra suplementado com *Bifidobacterium* spp. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.62, n.6, p.1484-1490, 2010.

MIOR, J.; NOVELLO, Z.; DINON, A. Z. Caracterização de iogurte de leite de ovelha in natura e saborizado com mirtilo (*Vaccinium myrtillus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2004 -2022, 2016.

MORAIS, O. R. **Produção e mercado de leite ovino**. In: **VIII Congresso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos** (2011). http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/Producao_Mercado_Leite_Ovino.pdf

MOURA, N. A. et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, n. 8, p. 2902–2910, Aug. 2012.

OLIVEIRA, G.O. et al. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food and Chemical Toxicology**, v.59, p.256-260, 2013.

O’SULLIVAN, G.C. Probiotics. **British Journal of Surgery**, v. 88, p. 161-162, 2001.

PEACOCK, M. Calcium metabolism in health and disease. **Clinical Journal of American Society of Nephrology**, v. 5, p. S23–S30, 2010

QUINLAN KP, SESA MA. Spectrophotometric determination of phosphorus as 456 molybdovanadophosphoric acid. **Anal Chem** 1955; 27:1626–9.

URBANSKA, M. A.; BHATHENA, J.; MARTONI, C.; PRAKASH, S. Estimation of the potential Antitumor Activity of Microencapsulated Lactobacillus acidophilus Yogurt Formulation in the Attenuation of Tumorigenesis in Apc(Min/+) Mice. **European Food Research and Technology**, v.54, p. 264-273, 2009.

VALENTOVA, K. et al. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: in vivo safety assessment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 3, p. 1006-1013, 2008.

VARAVALLO, M. A. et al. Aplicação de bactérias probióticas para profilaxia e tratamento de doenças gastrointestinais. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 83-104, 2008.

VASILJEVIC, T.; SHAH, N.P. Probiotics — From Metchnikoff to bioactives. **International Dairy Journal**, Barking, v. 18, p. 714, 2008.

VICENTINI, C. R. et al. Análise biomecânica em fêmures de ratos submetidos à ausência de carga e atividade física em esteira. **Veterinária e Zootecnia**, v. 14, n. 1, p. 62-71, 2007.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

ZHU, K.; FAN, Z.; XU, C.; JIA, L. Studies on impact of health factors on yogurt consumption behaviors of Beijing consumers. **Journal of Chinese Institute of Food Science & Technology**, v. 9, p. 185-188, 2009.

WAITZBERG, D. L. Effect of symbiotic in constipated adult women- a randomized, double-blind, placebo–controlled study of clinical response. **Clinical Nutrition**. 2012.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal Applied Microbiology**, v.74, n.4, p.373-380, 1993.

WANG, Y. Prebiotics: presente and future in food Science and technology. **Food Research International**, v.42, p.8-12, 2009.

YAN, J. et al. Gut microbiota induce IGF-1 and promote bone formation and growth. **PNAS PLUS**, 2016.

ZAMPA, A.; SILVI, S.; FABIANI, R.; MOROZZI, G.; ORPIANESI, C.; CRESCI, A. Effects of different digestible carbohydrates on bile acid metabolism and SCFA production by human gut micro-flora grown in an vitro semi-continuous culture. **Anaerobe**. England, v.10, n. 1, p.19-26, feb. 2004.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi dividido em três fases experimentais: produção e caracterização da farinha de yacon, produção e caracterização de iogurtes de leite de ovelha simbióticos e avaliação *in vivo* da ingestão de iogurtes de leite de ovelha controle, prebiótico, probiótico e simbiótico. Em cada fase desta pesquisa foi possível obter resultados satisfatórios quanto a potencialidade funcional da farinha de yacon produzida assim como dos iogurtes de leite de ovelha suplementado com esta fonte prebiótica e *Bifidobacterium lactis*.

A ciência dos alimentos apresenta um conceito de nutrição renovado que excede a função primária dos alimentos como fonte de energia e nutrientes e está voltado àqueles alimentos com potencialidade de promoção da saúde, do bem-estar e redução dos riscos de doenças, especialmente doenças crônicas não transmissíveis. Conseqüentemente, muitas indústrias de alimentos visando oferecer alimentos cada vez mais saudáveis têm incluído certos nutrientes e compostos bioativos em seus produtos, caracterizando-os como alimentos funcionais (MEIRA, 2011).

A raiz yacon e seus derivados vêm sendo estudada pela comunidade científica nos últimos anos, devido a sua composição rica em compostos bioativos, que oferecem benefícios à saúde do consumidor. A farinha produzida neste experimento apresentou conteúdos significativos de fibra alimentar total e fruto-oligossacarídeo (FOS). Podendo ser adicionada na fabricação de alimentos com potencial de alegação tanto de fonte de fibras como de FOS, conforme a lista de alegações de propriedades funcionais da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2008). Esta farinha também pode ser considerada fonte de minerais, tais como fósforo, cálcio e magnésio, já que contribui significativamente com a ingestão diária recomendada pela ANVISA (BRASIL, 1998).

Na revisão de literatura sobre esta raiz, percebeu-se que há uma tendência na elaboração de produtos de panificação utilizando-se a farinha de yacon e os resultados apresentam-se satisfatórios, tanto na tecnologia quanto nas avaliações sensoriais. O sabor adocicado da yacon, característico dos frutanos, favorece o desenvolvimento de produtos nesse segmento. Contudo, sua utilização no desenvolvimento de produtos lácteos é promissor, bem como sua adição em iogurtes de leite de ovelha.

A alimentação é um fator importante no desenvolvimento e prevenção de diversas doenças. O aumento na incidência de doenças crônicas e degenerativas é mais um estímulo à investigação por alimentos com potencial preventivo. Nesse sentido, os alimentos funcionais oferecem uma grande oportunidade de se obter uma vida saudável (WATZL et al., 2005;

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS), 2007). Os produtos lácteos detêm uma quota importante neste mercado, uma vez que a indústria de laticínios é a que apresenta maior disponibilidade de alimentos probióticos como os iogurtes e leites fermentados. Nestes produtos são adicionadas bactérias ácido lácticas (BAL's) produtoras de metabólitos secundários associados com efeitos de promoção da saúde (MILLS et al., 2011).

Em relação aos iogurtes de leite de ovelha desenvolvidos na segunda fase desta pesquisa, os resultados mostraram que é possível a alegação de produto simbiótico, já que as formulações encontram-se dentro dos padrões especificados pela legislação brasileira vigente para leites fermentados (IN nº 46/2007) (BRASIL, 2007), onde no caso em que se mencione o uso de bifidobactérias, a contagem deverá ser de no mínimo de 10^6 UFC/g. A bactéria probiótica utilizada foi viável durante todo o período de armazenamento para todas as formulações. A alegação de funcionalidade prebiótica é pertinente aos iogurtes, pois a quantidade de farinha de yacon adicionada apresenta conteúdo de fibras alimentares suficientes para estar de acordo com os parâmetros especificados pela ANVISA (BRASIL, 2008), ou seja, 1,5 g de fibra alimentar em 200 mL de iogurte.

O teor de sólidos tem efeito marcante na firmeza do iogurte e cada componente do leite é vital para a produção deste derivado. A lactose provê energia para a cultura *starter* enquanto a proteína e os minerais como o cálcio e fósforo, são essenciais na formação do gel (OLIVEIRA, 2009, p. 283). Diversas técnicas têm sido usadas para aumentar a consistência de iogurtes. Um dos métodos de se obter boa textura e maior consistência é aumentar o teor de sólidos do leite ou usar espessantes e estabilizantes. A ação dessas substâncias inclui basicamente a retenção de água e o aumento da viscosidade (TAMIME e ROBINSON, 1999). Com elevado teor de sólidos no leite de ovelha, os iogurtes produzidos com esta matéria-prima apresentam uma alta resistência no gel formado e mínima sinerese em comparação aos iogurtes de leite de vaca e cabra (WENDORFF, 2001).

Os teores de sólidos (farinha de yacon e açúcar) adicionados aos iogurtes aliados a qualidade da matéria-prima utilizada, influenciaram significativamente os parâmetros de firmeza e adesividade nestes, tanto entre os tratamentos quanto para o mesmo tratamento entre os dias de armazenamento. O tratamento adicionado de 5% de FY (T1), foi selecionado para a continuidade desta pesquisa por apresentar bons resultados nas análises físico-químicas e microbiológicas, além de ser isento de açúcar, já que a tendência por produtos saudáveis vem aumentando nos últimos anos. Este iogurte também apresentou bons escores para os atributos sensoriais de aceitação, apresentando índice de aceitabilidade maior que 70% para

todos os atributos avaliados e não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$), no teste de ordenação, entre o iogurte preferido (T2).

A terceira e última fase da pesquisa, objetivou avaliar os efeitos da ingestão de iogurtes de leite de ovelha, prebiótico, probiótico e simbiótico durante 45 dias de experimentação, sobre parâmetros metabólicos de ratos *Wistar*. Neste experimento observou-se que a contagem de *Bifidobacterium lactis* no iogurte probiótico foi menor que no iogurte simbiótico apresentou uma queda de células viáveis na última semana. Este efeito pode ser explicado devido a alguns fatores.

Segundo Vasiljevic e Shah (2008), apesar do resfriamento, o iogurte pode sofrer pós-acidificação, a qual é caracterizada pelo decréscimo do pH durante o armazenamento refrigerado. A pós-acidificação pode causar uma substancial perda de viabilidade dos micro-organismos probióticos, uma vez que em pH menor que 4,4 estes não se desenvolvem bem e uma redução da população normalmente é observada. Além da pós-acidificação, outros fatores como concentração de açúcares e toxicidade do oxigênio também podem afetar a viabilidade de probióticos durante a estocagem refrigerada do produto (SHAH, 2000).

Entretanto, este micro-organismo foi viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal e permaneceu em quantidades significativas no cólon ascendente do grupo probiótico, como observado nas análises microbiológicas realizadas após a eutanásia dos animais. Em relação aos parâmetros biológicos, o grupo probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais, como observado nos valores de lipídios excretados nas fezes, no conteúdo de colesterol e triglicerídeos séricos. A administração de *Bifidobacterium lactis* aos grupos não apresentou efeito significativo no conteúdo mineral ósseo.

Acredita-se que a quantidade de FY suplementada aos iogurtes não foi suficiente para promover alguns benefícios esperados, tais como redução da glicose sérica e maior produção de AGCC no ceco, como relatado em outros estudos. Contudo a administração da FY promoveu uma melhora nas propriedades biomecânicas dos fêmures em relação ao grupo probiótico e controle.

6. CONCLUSÕES

- A farinha de yacon produzida apresentou conteúdos significativos de fibra alimentar total e FOS, podendo ser adicionada na fabricação de alimentos com potencial de alegação funcional conforme a lista de alegações de propriedades funcionais da ANVISA. Esta farinha também pode ser considerada fonte de minerais, tais como fósforo, cálcio e magnésio, já que contribui significativamente com a ingestão diária recomendada pela ANVISA. A utilização da farinha de yacon na tecnologia de alimentos apresenta-se viável e pode proporcionar benefícios à saúde do consumidor, devido a presença de diversos compostos bioativos em sua composição, como demonstrado neste estudo e outras literaturas.

- O desenvolvimento de alimentos com alegação funcional são cada vez mais pertinentes no contexto de prevenção de doenças e melhoria de qualidade de vida. A produção de derivados de leite ovino vêm crescendo nos últimos anos, assim como os estudos referentes aos benefícios nutricionais desta matéria-prima. O uso da FY aliada ao leite de ovelha apresenta potencial tanto tecnológico como funcional.

- Os iogurtes simbióticos desenvolvidos na segunda fase desta pesquisa podem apresentar alegação funcional, pois atendem as legislações brasileiras vigentes. Os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, permitiram concluir que o iogurte com 5% de farinha de yacon e ausência de açúcar (T1) é a formulação que apresenta melhor potencial no segmento de alimentos funcionais.

- No estudo *in vivo* conclui-se que o iogurte probiótico apresentou efeito hipolipemiante nos animais. E que, apesar das contagens de *Bifidobacterium lactis* no iogurte probiótico ter apresentado uma queda na última semana, este micro-organismo foi viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal e permaneceu em quantidades significativas no cólon ascendente deste grupo. A administração de *Bifidobacterium lactis* aos grupos não apresentou efeito significativo no conteúdo mineral ósseo.

- Acredita-se que a quantidade de FY suplementada aos iogurtes não foi suficiente para promover alguns benefícios esperados como relatado em outros estudos. Contudo, a administração da FY promoveu uma melhora nas propriedades biomecânicas dos fêmures em relação ao grupo probiótico e controle.

- O uso da FY aliada ao leite de ovelha apresenta potencial tanto tecnológico como funcional, sendo necessários mais testes para melhor comprovação de tal alegação.

REFERÊNCIAS

- ACURCIO, L. B. et al. Isolation, enumeration, molecular identification and probiotic potential evaluation of lactic acid bacteria isolated from sheep milk. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.3, p.940-948, 2014.
- AGRAWAL, R. Probiotics: an emerging food supplement with health benefits. **Food Biotechnology**, v. 19, p. 227-46, 2005.
- ANTUNES, A. E. C.; CAZETTO, T. F.; BOLINI, H. M. A. Viability of probiotic micro-organism during storage, postacidification and sensory analysis of fat-free yogurts with added whey protein concentrate. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 58, n. 3, p. 169-173, 2005.
- ANTUNES, A. E. C. et al. Probióticos: agentes promotores de saúde. (Probiotics: health promoters). **Nutrire**, v. 32, p. 113-132, 2007.
- ANTUNES, L. A. F. Microrganismos probióticos e alimentos funcionais. **Revista Indústria de Laticínios**, v.6, n. 34, p.30-34, 2001.
- ANUKAM, K. C. et al. Clinical study comparing probiotic *Lactobacillus* GR-1 and RC-14 with metronidazole vaginal gel to treat symptomatic bacterial vaginosis. **Microbes and Infection**, v.8, p. 2772- 2776, 2006.
- AURELI, P. et al. Probiotics and health: An evidence- based review. **Pharmacological Research**, v. 63, p.366–376, 2011.
- BALTHAZAR, C. F. et al. Sensory evaluation of ovine milk yoghurt with inulin addition. **International Journal of Dairy Technology**, v. 68, p. 281–290, 2015.
- BALTHAZAR, C. F. et al. Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. **Food Research International**, v. 91, p. 38–46, 2017.
- BARŁOWSKA, J. et al. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 291–302, 2011.
- BERGER, Y.M. Milking equipment for dairy ewes. In: DAIRY SHEEP SYMPOSIUM, 7., 2001, Eau Claire, **Wisconsin. Anais Proceedings of the 7th Great Lakes Dairy Sheep Symposium**. Eau Claire: Wisconsin Sheep Dairy Cooperative, Strum, Wisconsin, USA, 2001. p.9-16.
- BEZERRA, M. F. **Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura de leites bubalino e caprino**. 2010. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 2010.
- BONCZAR, G.; WSZOEK, M.; SIUTA, A. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. **Food Chemistry**, v. 79, p. 85–91, 2002.

BRANDÃO, S. C. C. Novas gerações de produtos lácteos funcionais. **Indústria de Laticínios**, v. 6, n. 37, p. 64-66, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos**. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas para alimentos com alegações de propriedades funcionais e / ou de saúde, novos alimentos / ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. Brasília, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional**. Resolução nº 359, de 23 de dezembro de 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel**. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra**. Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Decreto 30.691/1952. Publicado no Diário Oficial da União de 07/07/1952, Seção 1, Página 10.785.

BRITO, M. A.; et al. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.942-948, 2006.

BURKERT, J. L. M. et al. Aceitação sensorial de bebidas lácteas potencialmente simbióticas. **Journal Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 4, p. 325-332, out/dez. 2012.

BUTEL, M. J. Probiotics, gut microbiota and health. **Médecine et maladies infectieuses**, v. 44, p.1-8, 2014.

CAGETTI, M. G. et al. The use of probiotic strains in caries prevention: A systematic Review. **Nutrients**, v. 5, n. 7, p. 2530-2550, 2013.

CAMPOS, L. **Aspectos benéficos do leite de ovelha e seus derivados**. Casa da Ovelha, 2011. Disponível em: www.casadaovelha.com.br/arquivos/links/50.pdf.

CAPDEVILA, F. et al. Yoghurt in the Spanish diet: nutritional implications and socio-cultural aspects of its consumption. **Public Health Nutrition**, v.6. p. 333-340, 2003.

CASSANEGO, D. B. et al. Aceitabilidade de sobremesa láctea sabor chocolate com café formulada com leite de ovelha. **III Simpósio de Tecnologia e Engenharia de Alimentos UTFPR**, Campo Mourão, PR, Brasil, 13 a 16 de setembro de 2011.

CASTRO, F. P. et al. Effect of oligofructose incorporation on the properties of fermented probiotic lactic beverages. **International Journal of Dairy Technology**, Malden, v. 62, n. 1, p. 68-74, 2008.

CAVALLI, S. V. et al. Hydrolysis of caprine and ovine milk proteins, brought about by aspartic peptidases from *Silybum marianum* flowers. **Food Chemistry**, v.106, p. 997- 1003, 2008.

CICHOSKI, A. J. et al. Efeito da adição de probióticos sobre as características de queijo prato com reduzido teor de gordura fabricado com fibras e lactato de potássio. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 35-38, 2008.

COMMANE, I. et al. The potential mechanisms involved in the anti-carcinogenic action of probiotics. **Mutation Research**, v. 591, p. 276–289, 2005

CORRÊA, G. F. et al. Produção e composição química do leite de ovelhas mecanicamente. **Veterinária Notícias**, v.12, p. 33- 39, 2006.

CURI, R.A.; BONASSI, I.A. elaboração de um queijo análogo ao Pecorino romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 171-176, 2007.

CRUZ, A. G. **Efeito da glicose oxidase sobre a viabilidade de bactérias probióticas em iogurte**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.

DE ALMEIDA, M. D. V. et al. An overview of findings from a six-country European survey on consumer attitudes to the metabolic syndrome, genetics in nutrition, and potential agro-food technologies. **Nutrition Bulletin**, v.31, p. 239-246, 2006.

DAVE, R. I.; SHAH, N. P. Effect of cysteine on the viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made with commercial starter cultures. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 537-545, 1997.

FARVIN, K. H. S. et al. Antioxidant activity of yoghurt peptides: Part 1-in vitro assays and evaluation in ω -3 enriched milk. **Food Chemistry**, v. 123, p. 1081–1089, 2010.

FAVA, L. W.; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C.; PINTO, A. T. Rendimento de coalhada obtida a partir de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune e caracterização física do soro obtido. **Ciência Rural**, v.44, n.5, p.937-942, mai, 2014.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of health and nutritional**

properties of poder milk and live lactic acid bacteria. Córdoba, 2001. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/probio_report_en.pdf> Acesso em: 12 out. 2016.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Probiotics.** New York, 2004. Disponível em: <http://www.webdietitians.org/Public/GovernmentAffairs/92_adap1099.cfm>. Acesso em 06 fev. 2016.

FARIA, C. P.; BENEDET, H. D.; GUERROUE, J. L. Parâmetros de produção de leite de búfala fermentado por *Lactobacillus casei*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.511-516, 2006.

FERREIRA, C. L. L. F. **Produtos lácteos fermentados – aspectos bioquímicos e tecnológicos.** 2 ed. Viçosa: Editora UFV, Minas Gerais, 2001. 112 p.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Probióticos, prebióticos e simbióticos. **Revista Food Ingredients Brasil.** São Paulo, n. 17, p. 58-65, 2011. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/177.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

FOLIGNE, B., DANIEL, C.; POT, B. Probiotics from research to market: The possibilities, risks and challenges. **Current Opinion in Microbiology**, v. 16, p. 284-292, 2013.

FRANZ, C. M. A. P.; CHO, C. S.; HOLZAPFEL, W. H. **Probiotics: Taxonomy and Technological Features.** In.: SHAH, N. P.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. (Org.). Probiotic and prebiotic foods: technology, stability and benefits to human health. New York: Nova Science Publishers, 2011. p.1-23.

GALLARDO-ESCAMILLA, F., KELLY, A.; DELAHUNTY, C. Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 11, p. 3745-3753, 2005.

GALLINA, D. A. et al. Caracterização de Leites Fermentados Com e Sem Adição de Probióticos e prebióticos e Avaliação da Viabilidade de Bactérias Lácticas e Probióticas Durante a Vida-de-Prateleira. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v.13, n. 4, p. 239-244, 2011.

GAUCHERON, F. The minerals of milk. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis, v. 45, p. 473-483, 2005.

GIBSON, G. R. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: unpdating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, v. 17, p. 259-275, 2004.

GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. **Prebiotics: development & application.** England: John Wiley & Sons Ltd., 2006.

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.

GOBBATO; N., RACHID, M.; PERDIGÓN,G. Anti-inflammatory effect of yoghurt in an

experimental inflammatory bowel disease in mouse. **Journal of Dairy Research**, v.75, p. 497-504, 2008.

GULLÓN, B. et al. Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties. **Trends in Food Science e Technology**, v. 30, p. 153-161, 2013.

GUSSO, A. P. MATTANNA, P. RICHARDS, N. S. P. S. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 912-919, 2015.

GUSSO, A. P. et al. Aceitação de queijo *petit suisse* elaborado com leite de ovelha. **III Simpósio de Tecnologia e Engenharia de Alimentos**, UTFPR, Campo Mourão, PR, Brasil, 13 a 16 de setembro de 2011.

GUSSO, A. P. et al. Farinha de yacon: produção, caracterização físico-química e alegações funcionais. **Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos 3**. Capítulo XII, 2017, 195 p.

HAILU, G. et al. A conjoint analysis of functional foods and nutraceuticals in Canada: a conjoint study using probiotics. **Appetite**, v. 52, p. 257-265, 2009.

HAUKIOJA, A. Probiotics and Oral Health. **European Journal of Dentistry**, v. 4, n. 3, p. 348-355, 2010.

HOLZAPFEL, W. H. Introduction to prebiotics. In: GOKTEPE, I.; JUNEJA, V. K.; AHMEDNA, M. (Ed.) **Probiotics in food safety and human health**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006. 494 p.

HOMAYOUNI, A. et al. Na introduction to functional dairy foods. In: **Proceedings of the First National Functional Food Congress**, p.60, 2007.

IBRAHEM, S. A.; EL ZUBEIR, I. E. M. Processing, composition and sensory characteristic of yoghurt made from camel milk and camel–sheep milk mixtures. **Small Ruminant Research**, v. 136, p.109–112, 2016.

JACOB, M. M.; PRAPULLA, S. G. Fructans including inulin. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.) **Handbook of Analysis of Active Compounds in Functional Foods**. Boca Raton: CRC Press, Cap. 24, 2012. p.561-581.

KARIMI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. Review Article: Sensory Characteristics of Probiotic Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.11, p. 437-452, 2012.

KATILI, L.M. et al. Aspectos físico-químicos e microbianos do queijo maturado por mofo obtido da coagulação mista com leite de cabra congelado e coalhada congelada. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.26, p.740-743, 2006.

KAUR, N.; SINGH, D. P. Deciphering the consumer behaviour facets of functional foods: A literature review. **Appetite**, v. 112, p. 167-187, 2017.

KOMATSU, T.R.; BURITI, F.C.A.; SAAD, S.M.I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 3, Set. 2008

KOTZAMPASSI, K.; GIAMARELLOS-BOURBOULIS, E. J. Probiotics for infectious diseases: more drugs, less dietary supplementation. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 40, p. 288-296, 2012.

LEAL, N. S. et al. Aceitabilidade de iogurte de leite de ovelha com adição de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n 1, p. 131-139, 2013.

LIU, M. et al. Comparative genomics of enzymes in flavor-forming pathways from amino acids in lactic acid bacteria. **Applied and environmental microbiology**, v. 74, n.15, p. 4590-4600, 2008.

LOLLO, P. C. B. et al. Probiotic yogurt offers higher immune-protection than probiotic whey beverage. **Food Research International**, v. 54, p. 118–124, 2013.

LOWEL, A.; WORSLEY, A. Social drivers as predictors of yogurt consumption in China. **Food Australia**, v. 55, p. 42-45, 2003.

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

MATTILA-SANDHOLM, T. et al. Technological challenges for future probiotic foods. **International Dairy Journal**, v. 12, p. 173- 182, 2002.

MEILE, L.; LE BLAY, G.; THIERRY, A. Safety assessment of dairy microorganisms: *Propionibacterium* and *Bifidobacterium*. **International Journal Food Microbiology**, v. 126, n. 3, p. 316-320, 2008.

MEIRA, S. M. M. **Potencial probiótico de bactérias lácticas e atividades biológicas de leite e queijos de ovelha**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2011.

MENEZES, E. et al. Preferences and attitudes towards açai-based products among North American consumers. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1997-2008, 2011.

MERLIN JUNIOR, I. A. et al. Sheep milk: physical-chemical characteristics and microbiological quality. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 65 n. 3, 2015.

MEYDANI, S.N.; HA, W.-K. Immunologic effect of yogurt. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p. 861-872, 2000.

MILLS, S., et al. Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health. **International Dairy Journal**, v 21, p. 377- 401, 2011.

MIOR, J.; NOVELLO, J.; DINON, A. Z. Caracterização de iogurte de leite de ovelha in natura e saborizado com mirtilo (*Vaccinium myrtillus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2004-2022, 2016.

- MORA-GUTIERREZ et al. Effects of bovine and caprine Monterey Jack cheeses fortified with milk calcium on bone mineralization in rats. **International Dairy Journal**, v.17, p.255-267, 2007.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, Legislação e Benefícios à Saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.
- MORAIS, O. R. Produção e mercado de leite ovino. **In: VIII Congresso Latinoamericano de Especialistas em Pequenos Ruminantes y Camélidos Sudamericanos** (2011). http://www.capriltvirtual.com.br/Artigos/Producao_Mercado_Leite_Ovino.pdf, 2011.
- MORAND-FEHR P. et al. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 20-34, 2007.
- NAGPAL, R.; KUMAR, A.; KUMAR, M.; BEHARE, P. V.; JAIN, S.; YADAV, H. Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. **Fems Microbiology Letters**, v. 334, p. 1–15, 2012.
- NESPOLO, C. R. et al. Comparison of Fascal cheese produced with commercial or autochthonous cultures. **International Journal of Dairy Technology** (Print), v. 63, p. 387-395, 2010.
- 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, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. Atheneu Editora, 2009. 384p.
- OLIVEIRA, M. A. DE; NISHIMOTO, E. K. Caracterização e quantificação dos carboidratos de reservas das raízes de yacon (*polymnia sonchifolia*) mantidas sob condições ambientais e refrigeração. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu. v.1, p.30-39, out 2005.
- OLIVEIRA, G.; GONZÁLEZ-MOLERO, I. An update on probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition. **Endocrinología y Nutrición**, v. 63, n. 9, p. 482-494, 2016.
- ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia dos alimentos. Alimentos de Origem Animal**. Vol. 2. Porto Alegre: Artmed. 2005. 279 p.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). **Salud en las Américas**. Volumen I-Regional, 2007.
- PARK, Y. W. et al. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, n.1-2, p.88- 113, 2007.
- PELLEGRINI, L. G. **Caracterização do leite ovino em função do período de lactação**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, RS, 2012.

PERDIGON, G.; VALDEZ, J.C.; RACHID, M. Antitumor activity of yogurt: study of possible immune mechanisms. **Journal of Dairy Research**, v.65, p. 129-138, 1998.

PINTO, S., CLEMENTE, M. D. G.; DE ABREU, L. R. Behaviour of volatile compounds during the shelf life of yoghurt. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, n. 2, p. 215-223, 2009.

POLITIS, I.; THEODOROU, G. Angiotensin I-converting (ACE)-inhibitory and anti-inflammatory properties of commercially available Greek yoghurt made from bovine or ovine milk: A comparative study. **International Dairy Journal**, v. 58, p. 46–49, 2016.

PORCIONATO, M.A.F. et al. Efeito da fervura, resfriamento ou congelamento na qualidade do leite cru. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, p.511-517, 2008.

RASTALL, R. A.; GIBSON, G. R. Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 32, p. 42–46, 2015.

RAYNAL-LJUTOVAC, K. et al. Composition of goat and sheep milk products: An update. **Small Ruminant Research**, v.79, p.57–72, 2008.

RIBEIRO, L. C. et al. Produção, composição e rendimento em queijo do leite de ovelhas Santa Inês tratadas com ocitocina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.438-444, 2007.

ROBERFROID, M. B. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, Rome, v.34, suppl.2, p.S105-S110, 2002.

ROBERFROID, M. et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v.104, Suppl 2:S1-63, Aug- 2010.

ROBERFROID, M. B. Inulin-type fructans: functional food ingredients. **Journal of Nutrition**, v.137, n.11, p.2493S-2502S, 2007.

ROHENKOHL, J. E. et al. O agronegócio de leite de ovinos e caprinos. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 39, n. 2, p. 97-114, 2011.

ROLIM, P.M. et al. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.012-017, 2010.

ROSA, C.S. et al. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1869-1872, 2009.

SÁ, C. O. de. et al. Influência do fotoperíodo no consumo alimentar, produção e composição do leite de ovelhas Bergamácia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, 2005.

SAAD, S.M.I; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos-Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. Varela: São Paulo. 2010. 669 p.

SAAD, N. et al. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 1-16, 2013.

SANDERS, M.E. Probiotics. **Food Technology**., Chicago, v.53, n.11, p.67-77, 1999.

SANDERS, M. E. Probiotics: considerations for human health. **Nutrition Review**, New York, v.61, n.3, p.91-99, 2003.

SANGWAN, V. et al. Galactooligosaccharides: novel components of designer foods. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 4, p. 103-111, 2011.

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

SCHREZENMEIR, J.; DE VRESE, M. Probiotics, prebiotics, and synbiotics – approaching a definition. **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 73 (Suppl.), p. 361S-364S, 2001.

SELVAGGI, M. et al. Investigating the genetic polymorphism of sheep milk proteins: A useful tool for dairy production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 3090–3099, 2014.

SERAFEIMIDOU, A. et al. Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. **Food Chemistry**, n. 134, p. 1839–1846, 2012.

SERAFEIMIDOU, A. et al. Change of fatty acid profile, including conjugated linoleic acid (CLA) content, during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.31, p. 24–30, 2013.

SHAH, N. P. Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods. **Journal Dairy Science**, v. 83: p. 894-907, 2000.

SHAH, N. P. Functional cultures and health benefits. **International Dairy Journal**, v. 17, p. 1262–1277, 2007.

SIEGRIST, M.; STAMPFLI, N.; KASTENHOLZ, H. Consumers' willingness to buy functional foods. The influence of carrier, benefit and trust. **Appetite**, v.51, p. 526-529, 2008.

SILVA, S. V. et al. Aceitação e intenção de compra de sorvete de leite de ovelha adicionado de farinha de banana verde. **9 Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos – SLACA - “Ciência de Alimentos e Qualidade de Vida: Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade”**, 2011.

SIRÓ, I. et al. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. **Appetite**. v. 51, p. 456-467, 2008.

SONDINI, I. et al. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 113-137, 2004.

SOUZA, A.C.K.O. et al. Produção, composição química e características físicas do leite de ovinos da raça Corriedale. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.1, p.73-77, 2005.

SUÁREZ, V.H.; BUSETTI, M.R. **Lechería Ovina en la Argentina**. Boletín de Divulgación Técnica INTA, v.90, p.195-204, 2006.

TAMINE, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yoghurt science and technology**. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 1999. 368 p.

TEIXEIRA, J.T. **Elaboração de apresentado formulado com farinha e extrato de yacon (*Smilax sp.*)**. 2011. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TICIANI, E.; et al. Persistência da lactação e composição do leite em ovelhas leiteiras das raças Lacaune e East Friesian. **Ciência Rural**, v.43, p.1650-1653, 2013.

TSAKALIDOU, E.; ODOU, I. Microbiota of Goat's Milk and Goat's Milk Cheese. In: **ASIA DAIRY GOAT CONFERENCE**, 1., 2012, Kuala Lumpur. Proceedings. Kuala Lumpur: [s.n] 2012, p.40-41.

URALA, N.; LAHTEENMAKI, L. Consumers' changing attitudes towards functional foods. **Food Quality and Preference**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2007.

VANINI, M.; et al. A relação do tubérculo andino yacon com a saúde humana. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v.8, p. 92-96, 2009.

VASCONCELOS, C. M. et al. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smilax sp.*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p.188-93, 2010.

VASILJEVIC, T., SHAH, N. P. Probiotics—from Metchnikoff to bioactives. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 714–728, 2008.

VIVAR-QUINTANA, A. M.; BENEITEZ DE LA MANO, E.; REVILLA, I. Relationship between somatic cell counts and the properties of yoghurt made from ewes' milk. **International Dairy Journal**, v.16, p. 262–267, 2006.

WANG, Y. Prebiotics: presente and future in food Science and technology. **Food Research International**, v.42, p.8-12, 2009.

WATZL, B., GIRRBACH, S.; ROLLER, M. Inulin, oligofructose and immunomodulation. **British Journal of Nutrition**, v. 93, n. 1, p. 49-55, 2005.

WEICHSELBAUM, E. Probiotics and health: a review of the evidence. **Nutrition Bulletin**, v.34, p.340–373, 2009

WENDORFF, W. L. Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. **Journal Dairy Science**, v. 84, p. E74–E78, 2001.

WILLIAMSON, C. Functional foods: what are the benefits? **British Journal Community Nursing**, v. 14, n. 6, p. 230–236, Jun. 2009.

ZAMBERLIN, S.; SAMARZIJA, D. The effect of non-standard heat treatment of sheep's milk on physicochemical properties, sensory characteristics, and the bacterial viability of classical and probiotic yoghurt. **Food Chemistry**, v. 225, p. 62–68, 2017.

ZHU, K. et al. Studies on impact of health factors on yogurt consumption behaviors of Beijing consumers. **Journal of Chinese Institute of Food Science & Technology**, v. 9, p. 185-188, 2009.

ANEXOS

Trabalhos referentes ao conteúdo desta tese publicados em Eventos Nacionais e Internacionais





CERTIFICADO

A Embrapa Gado de Leite e o Instituto Gaúcho do Leite certificam que
Ana Paula Gusso

participou da 13ª edição do Congresso Internacional do Leite, realizada nos dias 29 e 30 de julho de 2015, no Centro de Convenções da Fiergs, em Porto Alegre/RS – Brasil, na qualidade de autor de pôster apresentado na seção científica.

Autores:

Ana Paula Gusso; Gabriela Peripolli Simonetti; Neila S. P. S. Richards;

Título do trabalho:

Conteúdo de Colesterol e Perfil Lipídico em Leite e Iogurtes Ovino

Porto Alegre, 30 de julho de 2015.


Gilberto Antônio Piccinini
 Presidente do Instituto Gaúcho do Leite


Paulo do Carmo Martins
 Chefe-geral da Embrapa Gado de Leite



Instituto
Gaúcho
do Leite



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL
TDS
PELO RIO GRANDE
SECRETARIA DA AGRICULTURA
E Pecuária



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

XIII ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Alimentos Inovadores: desafios e oportunidades



XIII ERSCA

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho

Realização



(QB05) QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES EM IOGURTES SIMBIÓTICOS DE LEITE DE OVELHA
ANA PAULA GUSSO (UFSM), BRUNA GYSELLA SILVEIRA NUNES (UFSM), NEILA SÍLVIA PEREIRA DOS
SANTOS RICHARDS (UFSM)

Organização



foi apresentado no XIII Encontro Regional Sul de Ciência e
Tecnologia de Alimentos, de 14 a 16 de outubro de 2015, na UFPR
campus Centro Politécnico, em Curitiba (PR).

Curitiba, 16 de outubro de 2015

Apoio
Institucional



Prof. Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo
Coordenadora da Comissão Científica do XIII ERSCA

Prof. Dr. Rupércio Alvares Caçado
Presidente do XIII ERSCA



Ministério da
Educação





This is to certify that *Ana Paula Gusso* has attended to the

**V International Symposium
on LACTIC ACID BACTERIA**

**Benefitting from Lactic Acid Bacteria
Progress in Health and Food**



Dr. Fernanda Mozzi
President

San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. October 19-21, 2016

089 TITRATABLE ACIDITY BEHAVIOR AND THE PH OF SYMBIOTIC SHEEP'S MILK YOGURTS DURING THE SHELF LIFE

A. P. Gusso; G. P. Simonetti; N. S. P. S. Richards

Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima nº1000 Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: anapgusso@gmail.com

The beneficial health properties resulting from the consumption of fermented milks have been known for many years. Yogurt is a dairy product produced by bacterial fermentation of milk. The bacteria used to make yogurt are usually *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. The fermentation of lactose by these bacteria produces lactic acid, and this acidification is responsible for the process of coagulation of milk. The aim of this study was to evaluate the behavior in relation to titratable acidity and pH of sheep's milk yogurt during the shelf life. The treatments had the same concentration (1%) of starter cultures (*Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*) and probiotic (*Bifidobacterium lactis*). Ten g of plum syrup were also added in the bottom of pot. The fermentation process occurred inside the pot by seven hours. The formulations were: T1 added 5% yacon flour (YF) and no sugar (S), T2 YF 5% and 8% S, T3 8% YF and absence of S and T4 8% for the two variables. The yacon flour was used to this experiment as source of prebiotic in yogurts. Symbiotic yogurts were analyzed for acidity and pH on days 1, 7, 14, 21 and 28. The acidity was determined by titration with NaOH 0.1 M, by the method 947.05 (AOAC, 2007), and the pH was measured using digital potentiometer model DM -22 (Digimed, São Paulo, Brazil). The acidity values did not show a linear increase as most fermented milk during the storage period, the values remained between 0.81 and 0.93 g / 100g of lactic acid. According to the Brazilian legislation applicable to fermented milks (Resolution 5/2000 and IN 46/2007) the acidity of the yogurt should be 0.6 to 1.5 g / 100g of lactic acid. Although the variations observed in acidity curves of yogurts, the same showed values within permitted by legislation. Latter the fermentation, all the yogurts presented pH values of 4.5 ± 2 . Differently what was expected, the pH of yogurts showed slightly increasing values during the storage period, not exceeding pH 4.8. In this case it can be assumed that the addition of yacon flour interfered in this variable because the treatments that have higher levels of flour were the ones with the higher pH levels from day 1 until the end of shelf life. The behavior of pH and acidity during the storage period were not consistent with those found in the literature. But the results fit into the current legislation and corroborate with several authors of the area.

104 VIABILITY OF LACTIC ACID AND PROBIOTIC BACTERIA DURING SHELF LIFE OF SHEEP'S MILK YOGURT

A. P. Gusso, M. N. Silva, N. S. P. S. Richards

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima n 1000, Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail: anapgusso@gmail.com

Yogurt is the most popular fermented milk consumed in Brazil. The bacteria used in traditional yogurt fermentation are *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*; however, this product may contain other adjunct cultures such as probiotic lactic acid bacteria. The microorganisms present in the yogurt should be viable, active, and abundant in the product during its shelf life. Desirable therapeutic effects of probiotic yogurts require the viability of the starter and probiotic cultures at a sufficient level during the storage period. The objective of this study was to evaluate the survival of lactic acid and probiotic bacteria for 28 days of shelf life of sheep's milk yogurt. All yogurts contained the same concentration (1%) of starter cultures (*Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*) and probiotic bacterium (*Bifidobacterium lactis*). Ten g of plum syrup were also added at the bottom of the jar. The fermentation process occurred in the pot for 7 h. The formulations used were: i) Treatment (T)1, added with 5% yacon flour (YF) and no sugar (S), ii) T2, 5% YF and 8% S, iii) T3 8% YF and absence of S, and iv) T4, 8% for each component. The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour was used as source of prebiotic in yogurts as yacon, is an important source of fructans that stimulate the growth of bifidobacteria and lactobacilli. The enumeration of viable cells of *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium lactis* were determined according to the methodology proposed by Castele et al., (2006). Generally, all yogurts showed a decrease in viable cell count of the *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* at the end of shelf life, with the exception of T3 treatment, all the other results were in the order of $7 \log_{10} \text{ mL}^{-1}$ ou g^{-1} , recommended by the International Dairy Federation,. Changes in the cell count of *Bifidobacterium lactis* were observed during the yogurt shelf life. The scores of this microorganism in formulations of synbiotic yogurts using sheep's milk are within the standards specified by the Brazilian law, where the cell count of bifidobacteria should be at least 10^6 CFU /g. Flours and yacon extracts have been used in food technology as sources of fiber and have shown relatively satisfactory results on the physico-chemical and sensory analysis. The treatments T1 and T2, both containing 5% of yacon flour, showed the highest count of the microorganisms studied.

XII CONGRESSO INTERNACIONAL DE

Nutrição Funcional

Realização: Centro de Nutrição Funcional

Certificada

Certificamos que o trabalho “Efeito metabólico de iogurtes de leite de ovelha em ratos *wistar*” foi selecionado para apresentação oral no XII Congresso Internacional de Nutrição Funcional realizado nos dias de 29, 30 de Setembro e 01 de Outubro de 2016, em São Paulo | SP, tendo como autores: GUSSO, A. P.; RICHARDS, N. S. P. S.; HUBSCHER, G.H.


Dra. Andréia Naves


Dra. Valéria Paschoal

6º Congresso de Ciências Farmacêuticas do Mercosul
6º Simpósio em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Mercosul
X CISDEM - Forum Internacional de la Cátedra Iberoamericana-Suiza
de Desarrollo de Medicamentos

Certificado

Certificamos que o trabalho intitulado Perfil de Textura de iogurtes
simbióticos de leite de ovelha
 foi apresentado na forma de pôster no 6º Congresso de Ciências Farmacêuticas do Mercosul, 6º Simpósio em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Mercosul, X CISDEM - Forum Internacional de la Cátedra Iberoamericana-Suiza de Desarrollo de Medicamentos, realizado no período de 16 a 18 de novembro de 2016 na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Cascavel, cidade de Cascavel, Paraná, Brasil.

Apresentador: Ara Paula Gusso
 Co-autor(es): Franciele P. Pivetta ; Neila S.P.S. Richards

Realização:



CATEDRA IBEROAMERICANA-SUIZA
 DE DESARROLLO DE MEDICAMENTOS

Luciana Oliveira de Fariña

Profª Drª Luciana Oliveira de Fariña
 Coordenadora do 6º COSIMP - X CISDEM