

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FRANCINE PINOTTI DE OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE CHOCOLATES
ENRIQUECIDOS COM FARINHA DE YACON**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

FRANCINE PINOTTI DE OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE CHOCOLATES
ENRIQUECIDOS COM FARINHA DE YACON**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Roberta de Souza Leone

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Fernanda Vitória Leimann

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos
Curso de Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE CHOCOLATES ENRIQUECIDOS COM FARINHA DE YACON

por

FRANCINE PINOTTI DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Roberta de Souza Leone
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Fernanda Vitória Leimann
Co-orientadora

Prof.^a Dr^a. Ângela Maria Gozzo
Membro da banca

Prof. Dr. Paulo Henrique Março
Membro da banca

Nota: O documento original assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR *Campus* Campo Mourão.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus por ter me abençoado durante toda a graduação, por ter iluminado meu caminho e por sempre ter me dado forças em todos os momentos da minha vida, inclusive nas horas que eu já não tinha mais forças para tentar e lutar.

Aos meus pais, Aparecido e Marlene, gostaria de agradecer por todo o carinho, amor, compreensão e por sempre me apoiarem em todas as decisões que tomei. Pai e Mãe, sem vocês eu não seria nada. Vocês são tudo de melhor que tenho na vida, são minha base, são meus maiores exemplos, meus melhores amigos, enfim, são os melhores pais do mundo.

Um agradecimento especial a minha Mãe que literalmente viveu comigo todos os momentos da graduação. Mãe, você comemorou comigo todas as minhas vitórias, você chorou comigo todas as vezes que eu tive medo, você me guiou todas as vezes que eu tive dúvidas e sempre esteve presente nos momentos mais difíceis, me dando forças e me abençoando.

Quero agradecer ao meu irmão Rafael e minha cunhada Joyce que sempre me incentivaram, me ajudaram em tudo que podiam e me deram forças, principalmente no começo da graduação quando eu não conseguia acostumar a viver longe de toda minha família.

Ao meu namorado, Rodolfo, quero agradecer pela paciência e apoio nos momentos mais difíceis em que eu me desesperava e você sempre tentava me acalmar. Obrigada por não desistir de mim, apesar de todos meus defeitos.

Ao meu querido amigo Ederson, quero agradecer pelos conselhos, confissões, momentos de alegria e por todo carinho que teve comigo. As minhas amigas Beatriz, Tatiane e Amanda, quero agradecer por serem minha família de Campo Mourão, juntas vivemos momentos que nunca vou esquecer.

A minha orientadora, Roberta, e co-orientadora, Fernanda, agradeço imensamente pelos ensinamentos, por aceitarem fazer parte desta etapa e por toda a compreensão e ajuda que me deram. Aos professores Paulo e Ângela, agradeço pela colaboração com seus conhecimentos voltados aos objetivos e resultados deste trabalho.

Enfim, obrigada a todos que me acompanharam durante esta etapa!

RESUMO

OLIVEIRA, F. P. **Determinação de propriedades físicas de chocolates enriquecidos com farinha de Yacon**. 79f. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Chocolate é o produto resultante da dispersão de diversas partículas, principalmente sólidos derivados do cacau e do leite, em uma fase contínua formada por manteiga de cacau ou gordura do leite. A definição dos ingredientes, bem como o monitoramento das etapas de processamento, é de fundamental importância para a fabricação de um chocolate, visto que estas são capazes de interferir diretamente nas propriedades e qualidade do produto final. Atualmente, a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis tem feito com que as indústrias modifiquem suas formulações. Os alimentos funcionais são produtos que, além do fornecimento de nutrientes, são capazes de conferir benefícios ao bom funcionamento do organismo. O Yacon, raiz composta de frutooligossacarídeos e inulina, é um exemplo de alimento capaz de promover ações benéficas ao organismo como o auxílio ao bom funcionamento gastrointestinal e a redução do índice glicêmico. Para a avaliação das características de um alimento, diversas metodologias podem ser realizadas, dentre elas tem-se a determinação da textura e da cor. A análise do perfil de textura (TPA) é um método de monitoramento que determina as características de textura do alimento como dureza, fraturabilidade e adesividade. A determinação da coloração dos alimentos é fundamental, pois a cor é associada diretamente a qualidade e estado de conservação dos produtos. Novas técnicas de análises vem sendo utilizadas nas indústrias de alimentos, dentre elas o infravermelho próximo é destaque por apresentar diversas vantagens como, por exemplo, ser um método não-invasivo e não-destrutivo. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo promover o enriquecimento de chocolates ao leite, meio amargo, branco e sem lactose com farinha de Yacon, analisá-los utilizando infravermelho próximo e determinar suas propriedades de textura e cor. Para tanto, foram desenvolvidas 4 formulações, para cada chocolate, compostas de 8, 16 e 24% de farinha de Yacon e um controle contendo apenas chocolate. Como resultados verificou-se que a adição de farinha de Yacon interferiu nas propriedades físicas do chocolate de acordo com sua proporção, pois o enriquecimento dos chocolates com 8% promoveu diminuição dos parâmetros de textura enquanto que as adições de 16% e 24% aumentaram os valores em relação ao controle. Com relação à avaliação colorimétrica, somente o chocolate branco apresentou maiores alterações em sua coloração original com a adição do Yacon, contudo, este comportamento foi decorrente da cor amarronzada da farinha. A utilização do infravermelho próximo foi eficiente e capaz de separar amostras de chocolates com maiores e menores quantidades de farinha de Yacon, além de diferenciar os diversos tipos de chocolate.

Palavras-chave: chocolate, Yacon, textura, cor, infravermelho próximo.

ABSTRACT

OLIVEIRA, F. P. **Determination of physical properties of chocolates enriched with Yacon's flour.** 79f. 2016. Course completion work (Bachelor of Food Engineering), Technological University Federal of Parana. Campo Mourão, 2016.

Chocolate is a product resulting from the dispersion of many particles, mainly solids derived of cocoa and milk, in a continuous phase consisting of cocoa butter or fat milk. The ingredients definition as well as the monitoring of processing steps is essential for the production of chocolate, whereas they are able to directly affect the properties and quality of the final product. Presently, the consumers' pursuits for healthier foods have made the industries change their formulations. Functional foods are products that, beyond providing nutrients, they are able to check benefits to the proper functioning of the organism. The Yacon, root composed of fructo-oligosaccharides and inulin, is an example of food able to promote beneficial actions to the organism as assistance for the proper gastrointestinal functioning and reducing the glycemic index. For the evaluation of characteristics of a food, various methods can be performed; among them there has a determination of the texture and color. The texture profile analysis (TPA) is a method of monitoring which determines the food texture characteristics such as hardness, friability and adhesiveness. The determination of the food's color is crucial, because the color is directly associated with the quality and condition of products. New technical analyzes have been used in the food industries, among them the near infrared is featured by having several advantages such as, for example, be a non-invasive and non-destructive method. Therefore, this study aimed to promote enrichment of chocolate milk, semisweet, white and lactose free with Yacon's flour, analyze them using near infrared and determine its texture and color properties. Therefore, four formulations were developed for each chocolate, composed of 8, 16 and 24% of Yacon's flour and a control containing only chocolate. As a result it was found that the addition of Yacon's flour interfered with the chocolate physical properties according to their proportion, because of the enrichment of chocolates with 8%, caused a decrease of texture parameters, while the additions of 16% and 24% increased values relative to control. In relation to colorimetric assessment, only the white chocolate showed major changes in their original color by the addition of Yacon, however, this behavior was due to the brownish color of the flour. The use of the near infrared was efficient and able to separate samples of chocolates with higher and lower amounts of Yacon's flour, beyond distinguishing different types of chocolate.

Keywords: chocolate, Yacon, texture, color, near infrared.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção, consumo aparente, exportação e importação do setor de chocolates.....	16
Figura 2 – Curva característica da TPA.....	29
Figura 3 – Modelo de cor CIELAB.....	30
Figura 4 – Espectro eletromagnético.....	31
Figura 5 – Coloração das amostras de chocolate branco para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.....	47
Figura 6 – Espectros coletados de todas as amostras nas análises utilizando NIR.....	50
Figura 7 – Análise de componentes principais (PC1 x PC3) das amostras de chocolate ao leite.....	51
Figura 8 – Análise de componentes principais (PC2 x PC3) das amostras de chocolate ao leite.....	52
Figura 9 – Gráfico de loadings para amostras de chocolate ao leite.....	52
Figura 10 – Análise de componentes principais (PC1 x PC3) das amostras de chocolate meio amargo.....	53
Figura 11 – Gráfico de loadings para amostras de chocolate meio amargo.....	54
Figura 12 – Análise de componentes principais (PC1 x PC2) das amostras de chocolate branco.....	55
Figura 13 – Gráfico de loadings para amostras de chocolate branco.....	55
Figura 14 – Análise de componentes principais (PC1 x PC2) das amostras de chocolate sem lactose.....	56
Figura 15 – Gráfico de loadings para amostras de chocolate sem lactose.....	57
Figura 16 – Principais bandas e posições relativas dos picos de absorções proeminentes do infravermelho próximo.....	58
Figura 17 – Análise de componentes principais (PC1 x PC2) para os 4 tipos de chocolate.....	59
Figura 18 – Gráfico de loadings para os 4 tipos de chocolates.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações nutricionais da farinha de Yacon.....	34
Tabela 2 – Proporções entre chocolate e farinha de Yacon nas amostras.....	36
Tabela 3 – Médias dos valores de dureza, fraturabilidade, adesividade e espalhabilidade das formulações testadas.....	41
Tabela 4 – Médias dos valores de mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência das formulações testadas.....	43
Tabela 5 – Médias das propriedades de Luminosidade (L*) e cromaticidades (a*) e (b*) das amostras.....	48
Tabela 6 – Quantidade estimada de fibras providas da farinha de Yacon presentes na porção (25g) das formulações testadas.....	61
Tabela 7 – Quantidade estimada de fibras totais presentes na porção (25g) das formulações testadas.....	62

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1	CHOCOLATE	14
3.1.1	Histórico, definição e classificação do chocolate	14
3.1.2	Produção brasileira de chocolate.....	15
3.1.3	Características dos chocolates	16
3.1.4	Principais tipos de chocolates.....	17
3.1.5	Principais ingredientes dos chocolates	17
3.1.6	Etapas de processamento dos chocolates	18
3.1.7	Principais defeitos dos chocolates.....	20
3.1.8	Benefícios do consumo de chocolates	21
3.2	ALIMENTOS FUNCIONAIS	22
3.2.1	Legislação.....	24
3.2.2	Chocolates funcionais.....	25
3.3	YACON	26
3.3.1	Características do Yacon.....	26
3.3.2	Benefícios do Yacon.....	26
3.3.3	Frutooligossacarídeos (FOS) e inulina	27
3.4	ANÁLISES DE TEXTURA EM ALIMENTOS.....	28
3.5	ANÁLISES COLORIMÉTRICAS EM ALIMENTOS	29
3.6	ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO.....	31
3.7	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	32
4	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1	PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	34
4.1.1	Matéria-prima.....	34
4.1.2	Fabricação das amostras.....	35
4.2	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE TEXTURA	36
4.3	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS.....	37
4.4	ANÁLISE EM INFRAVERMELHO	37
4.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA	39
5.2	ANÁLISES COLORIMÉTRICAS	47
5.3	ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO.....	50
5.4	TEOR DE FIBRAS PARA ALEGAÇÃO DE FUNCIONALIDADE	61
6	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O chocolate é o produto advindo do cacau, fruto este obtido da árvore denominada cacaueteiro, em cuja formulação utilizam-se basicamente ingredientes como: cacau em pó, manteiga de cacau, leite, açúcar e aditivos (emulsificantes e aromatizantes).

Segundo a legislação brasileira, o chocolate deve ser obtido a partir de matérias-primas sãs e limpas, isentas de matéria terrosa, parasitas, detritos, cascas de semente de cacau e outros resíduos de vegetais. No preparo de qualquer tipo de chocolate, os sólidos providos do cacau devem estar presentes, no mínimo, na proporção de 25%. O açúcar empregado no seu preparo deve ser a sacarose, podendo ser substituída parcialmente por glicose. É expressamente proibido adicionar óleos estranhos a qualquer tipo de chocolate, bem como à manteiga de cacau. Também não podem ser adicionados amidos ou féculas estranhas (BRASIL, 2005).

Definido como uma suspensão, o chocolate é caracterizado por apresentar uma fase continua formada por manteiga de cacau, a qual contém uma dispersão de sólidos, compostos essencialmente por açúcar e cacau (BECKETT, 2009; SCHANTZ; ROHM, 2005; SOKMENS; GUNES, 2006). Para o chocolate ao leite, são adicionados compostos lácteos, dentre eles gordura, proteína e lactose (BECKETT, 1994b). O produto final pode adquirir formatos e consistência variada, bem como recheio e cobertura (BRASIL, 2005).

Os ingredientes formuladores do chocolate possuem a capacidade de interferir diretamente nas características do produto final. A maciez do chocolate sólido é aumentada pela manteiga de cacau, o açúcar desenvolve características de textura e brilho, enquanto que o leite em pó atua na viscosidade e textura, diminui a umidade e aumenta o valor nutritivo do produto (RICHTER; LANNES, 2007). Vale ressaltar que a manteiga de cacau é responsável por um terço do custo do produto final (MINIM; CECCHI; MINIM, 1999).

Atualmente, os consumidores exigem cada vez mais que os alimentos associem tanto características nutricionais, quanto substâncias que agreguem benefícios a saúde. Sendo assim, o desenvolvimento de produtos alimentícios

compostos de substâncias funcionais vem sendo visado pelas indústrias, a fim de satisfazer as necessidades dos clientes (RAUD, 2008; PADILHA et al., 2010).

Para o setor de chocolate, o enriquecimento deste alimento com fibras tem sido realizado, principalmente, pela adição da inulina e/ou polidextrose nas formulações originais do produto (SRISUVOR et al., 2013). Contudo, a adição destes prebióticos em chocolates tem sido realizada, sobretudo, com intuito de diminuir os teores de açúcares e gorduras nos produtos (KONAR et al., 2016).

A raiz Yacon é um exemplo de alimento funcional, pois contém frutooligosacarídeos e inulina em sua composição (SANTANA; CARDOSO, 2008). O consumo destes carboidratos está relacionado à melhora do funcionamento do intestino. Por conseguinte, o cultivo desta raiz tem aumentado, devido principalmente às indústrias, alimentícias e farmacêuticas, apontarem grande interesse pela utilização dos seus compostos (VANINI et al, 2009). O aumento da produção de Yacon também se deve ao fato desta raiz se adaptar a ecossistemas variados, facilitando seu cultivo (GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2015).

Os compostos bioativos do Yacon, além de desempenharem funções de fibras alimentares, também apresentam como características benéficas ao organismo a substituição do açúcar nos alimentos, fazendo com que estes alimentos possam ser consumidos por pessoas com dietas restritas, como diabéticos e obesos, devido sua capacidade de redução da glicemia sanguínea (SILVA, 2007; AYBAR et al, 2001).

A determinação da textura dos alimentos é um parâmetro de fundamental conhecimento para o controle do processo e garantia de qualidade do produto. O conceito de textura é descrito pelas características estruturais de um alimento, as quais são percebidas pelos órgãos sensoriais através dos receptores mecânico, táteis, visuais e auditivos (IAL, 2008; SZCZESNIAK, 1963).

Outro atributo importante na escolha e aceitação dos chocolates pelos consumidores é a coloração, visto que a percepção visual da cor é diretamente associada a qualidade do produto (CALVO; SALVADOR, 2000). A identificação visual das cores é possível devido as ondas de luz que são absorvidas ou refletidas pelos objetos. O estudo do comportamento das cores é possível através da ciência conhecida como colorimetria (CALVO; DURÁN, 1997).

Análises por espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês "Near Infrared Spectroscopy) apresentam particularidades interessantes e tem

sido muito utilizada no ramo alimentício no setor de controle e garantia de qualidade (MAZUR, 2012). Técnicas analíticas que promovam respostas rápidas de forma não-invasiva e minimamente destrutivas são requeridas. Dentre as possibilidades, técnicas que envolvem a interação da radiação eletromagnética com a matéria, como as espectroscopias nas regiões ultravioleta, visível, de fluorescência e no infravermelho podem apresentar potencial significativo para atender a estas necessidades.

A utilização do infravermelho próximo como técnica de análise em alimentos apresenta diversas vantagens como, por exemplo, a rapidez com que o método é desenvolvido, gerando os resultados requeridos (BURNS; CIURCZAK, 2001; SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002). Vale ressaltar que os espectros gerados no infravermelho próximo são influenciados por diversas características da amostra como o tamanho da partícula, por exemplo (FILHO, 2003).

Devido à importância da textura e da cor na qualidade e aceitação do chocolate, o objetivo principal deste trabalho é promover o enriquecimento de chocolates com farinha de Yacon e avaliar suas propriedades físicas, bem como propor uma metodologia rápida de detecção do Yacon presente neste alimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho apresenta como objetivo geral o enriquecimento de chocolates (ao leite, meio amargo, branco e sem lactose) com farinha de Yacon e a proposição de uma metodologia rápida e não-invasiva para determinação dos teores de farinha de Yacon presentes nos chocolates.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fabricação de chocolates enriquecidos com diferentes concentrações de farinha de Yacon (8%, 16% e 24%);
- Avaliação das propriedades físico-químicas: perfil de textura, parâmetros colorimétricos e espectroscopia no infravermelho próximo, para os chocolates enriquecidos e para os chocolates não adicionados de Farinha de Yacon;
- Determinação dos parâmetros de textura: dureza, fraturabilidade, adesividade, espalhabilidade, mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência;
- Caracterização dos parâmetros colorimétricos: luminosidade (L) e cromaticidade (a^*) e (b^*);
- Determinação dos espectros de reflectância na região do infravermelho próximo;
- Avaliação da influência da farinha de Yacon incorporada em diferentes níveis nos chocolates;
- Verificação da formulação que possui farinha de Yacon suficiente para autorização da alegação de propriedade funcional.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CHOCOLATE

3.1.1 Histórico, definição e classificação do chocolate

Durante o desenvolvimento das civilizações antigas, como os Astecas e os Maias, o cacau era utilizado como moeda de troca em diversas transações, sendo que o chocolate era consumido no formato de bebidas. Ao chegar na Europa, os admiradores adicionaram açúcar à apreciada bebida de chocolate. Em 1828, feito de manteiga, pó e massa de cacau, surgiu o primeiro chocolate sólido. Em 1891, surge a primeira fábrica de chocolates em território nacional, a qual foi construída na cidade do Rio Grande do Sul (FUNKE, 2009).

De acordo com o latim, a palavra “Chocolate”, originalmente “Theobroma”, simboliza alimento divino, o qual era oferecido aos deuses, adicionado de pimenta e farinha de milho, pela civilização Maia (FUNKE, 2009; NACANO, 2013).

Segundo BRASIL (2005), chocolate é o produto obtido a partir da mistura de líquido de cacau, manteiga de cacau, cacau em pó e outros ingredientes, contudo deve apresentar no mínimo 25% de sólidos oriundos do cacau. Por outro lado, o chocolate branco é o produto obtido a partir da mistura de manteiga de cacau com outros diversos ingredientes, contudo deve apresentar no mínimo 20% de sólidos oriundo da manteiga de cacau.

Os termos cacau e chocolate são distintos, portanto, apresentam diferentes definições. As sementes de cacau são colhidas dos cacauzeiros que, após os procedimentos cabíveis, liberam um extrato bruto denominado de líquido de cacau, que é composto de aproximadamente 55% de manteiga de cacau, e do qual é possível extrair o cacau em pó. O chocolate, por outro lado, é um produto obtido basicamente da utilização de diferentes proporções de manteiga de cacau, líquido de cacau, açúcar e leite em sua composição (FERNÁNDEZ-MURGA et al, 2011).

O chocolate pode ser classificado em diversas categorias definidas com relação a seus ingredientes e proporções. Sendo assim, o chocolate pode ser denominado em pó (mistura entre cacau em pó e açúcar), em pó solúvel (mistura entre cacau em pó solúvel e açúcar), ao leite, composto ou fantasia (chocolates

adicionados de nozes, avelã, mel, dentre outros), fondant ou suíço (produto com mínimo de 30% de gordura de cacau), recheado moldado (produto composto de um recheio coberto com chocolate), amargo, ou chocolate cobertura (produto com menos açúcar e mais manteiga de cacau) (BRASIL, 2005).

3.1.2 Produção brasileira de chocolate

O setor de chocolates no Brasil é responsável por gerar cerca de 33 mil empregos diretos e 66 mil empregos indiretos anuais. O mercado nacional encontra-se em terceiro lugar no ranking de maiores produtores de chocolates do mundo. Com relação ao consumo per capita mundial de chocolates, a Suíça encontra-se em primeiro lugar com um consumo de 10,55 kg/habitantes, enquanto que o Brasil descreve 2,5 kg/habitantes (ABICAB, 2014).

De acordo com ABICAB (2016a), os números do ano de 2015 para o setor de chocolate registraram queda. O balanço anual realizado pela associação apresentou redução de 5,5% na produção nacional de chocolates em 2015, no qual se obteve uma produção de 740 mil toneladas, enquanto que no ano anterior a produção nacional foi de 784 mil toneladas. Dentre os possíveis motivos para a diminuição da produção destacam-se o aumento da inflação, aumento no índice de desemprego, PIB cada vez menor e a alta do dólar.

A Figura 1 demonstra os índices de produção, consumo aparente, exportação e importação do setor de chocolates, em volume. Com base nestes dados, é possível verificar que os índices do ano de 2015 foram os menores obtidos nos últimos cinco anos.

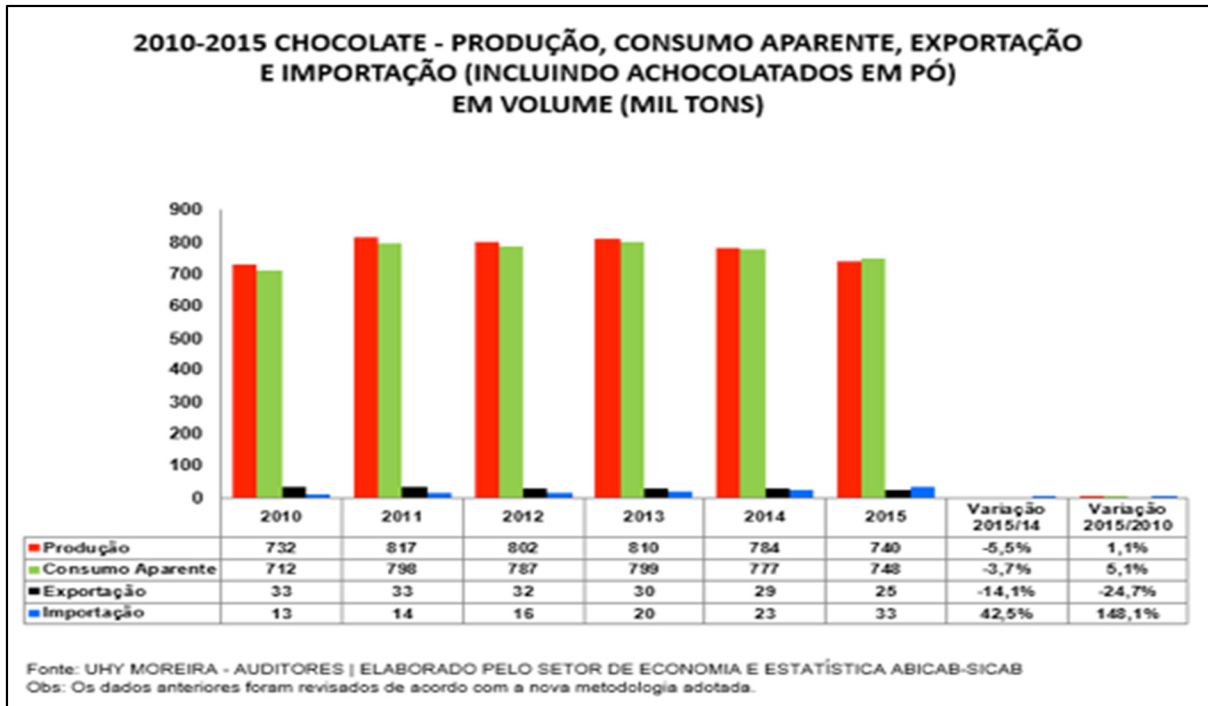


Figura 1: Produção, consumo aparente, exportação e importação do setor de chocolates.

Fonte: ABICAB (2016b).

3.1.3 Características dos chocolates

O chocolate é um produto caracterizado, de modo geral, por uma dispersão de inúmeras partículas sólidas em uma determinada fase contínua. A formulação deste produto compreende cerca de 70% de partículas finas, como o açúcar, o cacau em pó e os sólidos de leite, compreendidas em uma fase dispersa, formada geralmente por manteiga de cacau ou pela gordura do leite (FERNANDES; MULLER; SANDOVAL, 2013; AFOAKWA, 2010).

A definição das características finais dos chocolates fabricados está diretamente associada a diversos fatores, desde o cultivo dos frutos de cacau, às condições climáticas que as plantações de cacau estão expostas, a fermentação pós colheita, às condições de armazenagem, dentre outros (AFOAKWA et al, 2008; CAMU et al, 2008). Tais fatores são responsáveis por determinar sabores característicos no produto final, bem como são capazes de interferir nos processos de fabrico do chocolate (FRAUENDORFER; SCHIEBERLE, 2006).

3.1.4 Principais tipos de chocolates

Os tipos de chocolates são classificados, comumente, em três versões, sendo estas o amargo, ao leite e o branco, diferenciando-se em virtude de diversos fatores composicionais, como o teor de cacau e manteiga de cacau. Assim sendo, a formulação desses diferentes produtos é semelhante, porém cada um tem sua particularidade (GLICERINA et al, 2016; KONAR et al, 2016; FERNANDES; MULLER; SANDOVAL, 2013).

O chocolate amargo é produzido a partir do líquido de cacau, manteiga de cacau e açúcar. O chocolate ao leite tem como ingredientes principais o líquido de cacau, a manteiga de cacau, o açúcar e sólidos do leite (McCLEMENTS, 2007).

Em contrapartida, o chocolate branco é composto de manteiga de cacau, sólidos de leite, e açúcar (McCLEMENTS, 2007). Segundo VERCET (2003), a formulação do chocolate branco apresenta, também, a adição de lecitina de soja e vanilina, enquanto que os sólidos de leite podem ser providos de leite em pó integral, leite em pó desnatado, soro de leite em pó e, inclusive, da própria lactose.

3.1.5 Principais ingredientes dos chocolates

As propriedades dos chocolates, como a reologia e a textura, são decorrentes das relações entre os ingredientes sólidos dispersos na fase contínua que formam a microestrutura do produto. Tais relações podem afetar as características de viscosidade aparente, dureza, consistência, dentre outras (VAVRECK, 2004; SCHANTZ; ROHM, 2005).

A formulação do chocolate varia dentre as indústrias processadoras e dentre os tipos de chocolates, porém a composição do chocolate ao leite, por exemplo, fica em torno de 12% de massa de cacau, 19% de leite em pó, 48,5% de açúcar, 20% de manteiga de cacau e 0,5% de outros ingredientes (SCHANTZ; ROHM, 2005; NACANO, 2013).

A massa de cacau, também denominada de líquido de cacau, é o principal ingrediente responsável por conferir o sabor característico de um chocolate. O líquido de cacau é um produto obtido após a etapa de moagem das amêndoas de cacau previamente torradas (WAINWRIGHT, 1996).

As propriedades físicas e a porosidade intrínseca do leite em pó interferem de forma direta nos processos respectivos à produção do chocolate, além de modificarem as características físicas e sensoriais do produto final (LIANG; HARTEL, 2004). Segundo LIMA (2000), o leite em pó, para ser utilizado no processo do chocolate, deve apresentar determinadas condições como acidez entre 12 e 16 Dornic, umidade inferior a 3% e baixa contagem de microrganismos.

Com relação aos cristais de açúcar, estes desempenham funções importantes na fabricação de chocolate, devendo estar presentes na composição do produto em tamanhos e formatos apropriados. Vale ressaltar que a presença de açúcar, na formulação, no estado amorfo provoca o aprisionamento da gordura, culminando no aumento da viscosidade do produto final, devido ao formato irregular da estrutura (STORTZ; MARANGONI, 2013).

Segundo Beckett (1988), as etapas de refino e conchagem são afetadas de forma negativa na presença de açúcar invertido ou com umidade elevada. Portanto, o açúcar não deve apresentar essas particularidades.

Responsável por formar a fase contínua do chocolate, a manteiga de cacau exerce função fundamental na formação de um produto final com a qualidade e as características esperadas. Portanto, a escolha da manteiga de cacau deve visar as melhores propriedades a fim de se obter um chocolate de alta qualidade (CLERCQ et al, 2012).

A manteiga de cacau é constituída, principalmente, por triglicerídeos, os quais apresentam-se em torno de 98% da substância (WAINWRIGHT, 1996). Os principais ácidos graxos presentes na composição da manteiga de cacau são: o ácido esteárico, o ácido palmítico e o ácido oleico (PADILLA; LIENDO; QUINTANA, 2000; WAINWRIGHT, 1996).

Dentre os outros ingredientes utilizados na formulação dos chocolates encontra-se os emulsificantes e aromatizantes, além da possibilidade de adição de outros alimentos como, por exemplo, castanhas e caramelos.

3.1.6 Etapas de processamento dos chocolates

As particularidades evidenciadas nos chocolates, após seu processamento, são decorrentes de etapas primordiais para o desenvolvimento do produto, como a

conchagem e a têmpera, além dos seus ingredientes formuladores (VAVRECK, 2004; SCHANTZ; ROHM, 2005).

Alguns processos devem ser realizados nas matérias-primas antes de iniciar a fabricação dos chocolates. Dentre esses processos podemos citar: fermentação das amêndoas, limpeza, torração, descascamento e moagem.

De modo geral, a fabricação de chocolates é feita seguindo determinadas etapas essenciais, sendo elas: mistura, refino, conchagem, temperagem, moldagem, resfriamento, desmoldagem e embalagem. Contudo, as variáveis de processo podem mudar de empresa para empresa, bem como as técnicas aplicadas para a confecção do produto (BECKETT, 1988).

A etapa de mistura, como o próprio nome diz, é necessária para misturar todos os ingredientes de forma adequada, culminando com a formação de uma massa adequada e homogênea (MINIFIE, 1970).

O processo de refino consiste, basicamente, em diminuir ou anular arenosidade do produto através da redução do tamanho das partículas dos ingredientes em 20 a 25 μm (BECKETT, 1994b; MINIFIE, 1970).

Uma das funções da etapa de conchagem, no processo produtivo, é devido à necessidade de homogeneizar os ingredientes da mistura de chocolate após o refino desta, transformando o chocolate em um fluido apropriado (GLICERINA, 2016). Nesta etapa, a massa de chocolate deve ser cisalhada, agitada e aquecida em temperaturas entre 50 e 70°C, dependendo do chocolate que se deseja produzir (AFOAKWA et al, 2007).

Segundo Beckett (1988), a conchagem é o processo que demanda maior quantidade de tempo, além de ser o de maior custo no processo de fabricação do chocolate. Esta etapa é primordial na produção pois é responsável por promover o desenvolvimento do sabor e cor característicos do chocolate, além de volatilizar compostos indesejáveis ao produto, como aldeídos e cetonas (BECKETT, 1988; GOZZO, 2003).

Identificada como um processo essencial, a etapa de temperagem do chocolate é fundamental para o correto desenvolvimento das propriedades finais do produto como sua coloração, dureza e vida de prateleira. Assim sendo, o processo de têmpera do chocolate deve ser corretamente monitorado, garantindo que todas as variáveis de processo, como a temperatura por exemplo, estejam em

conformidade com o que é preconizado, assegurando a qualidade esperada do chocolate (HERRERA; HARTEL, 2000; DEBASTE et al, 2008).

O processo de temperagem consiste em uma sequência de aquecimentos e resfriamento. Inicialmente é realizado um aquecimento de cerca de 45°C, com o intuito de fundir toda a fração gordurosa do chocolate. Em seguida, é efetuado um resfriamento, com o objetivo de induzir a cristalização. Por fim é realizado um novo aquecimento para fundir os cristais instáveis formados (GOZZO, 2003; BRIGGS; WANG, 2004).

Os chocolates que passam por processos ideais de têmpera apresentam produtos de melhor qualidade e com menor tendência ao desenvolvimento do fat bloom, ou florescência da gordura na superfície do chocolate. Portanto, é verificado que a temperagem do chocolate influencia sua microestrutura e aparência, podendo interferir também em suas propriedades como a dureza (GLICERINA, 2016).

Segundo Martin JR (1987), chocolates submetidos aos processos de têmpera adequados e, posteriormente, armazenados em temperaturas em torno de 20°C apresentam ótimo brilho e pouca tendência ao derretimento.

Após ser submetido ao processo de temperagem, o chocolate é moldado, resfriado, desmoldado e embalado. A etapa de moldagem é feita sob agitação permanente, com intuito de remover possíveis bolhas de ar remanescentes na massa de chocolate, utilizando moldes pré-aquecidos (22°C). Para o resfriamento do produto são utilizados tuneis ou ambientes refrigerados com temperatura entre 10 e 12°C. Após, os chocolates são desmoldados, embalados e armazenados de forma adequada (MINIFIE, 1970).

3.1.7 Principais defeitos dos chocolates

Dentre os possíveis fatores capazes de reduzir a qualidade do chocolate branco, encontram-se a perda da cor branca ou escurecimento do produto durante sua vida de prateleira, acarretando em menor vida útil ao alimento (JARDIM et al, 2011; VERCET, 2003). As reações de escurecimento são desenvolvidas devido à presença da combinação dos ingredientes açúcar, gordura e leite (JARDIM et al, 2011).

A reação de Maillard é a principal responsável pelo escurecimento do chocolate branco devido a presença de açúcares e aminoácidos na composição do

mesmo. Porém, esta reação ocorre mediante a determinadas condições climáticas de umidade e temperatura durante o armazenamento do produto (JARDIM et al, 2011).

Outro problema recorrente em chocolates é o aparecimento do fenômeno denominado de “Fat bloom”. Este fenômeno é caracterizado pela migração da gordura para a superfície dos chocolates onde, além de prejudicar a aparência do produto, devido às manchas esbranquiçadas, também acarreta em alterações na textura do chocolate (LONCHAMPT; HARTEL, 2004; SMITH; CAIN; TALBOT, 2007).

A florescência da gordura na superfície do chocolate é ocasionada devido a temperaturas elevadas durante o armazenamento do produto e, também, à sua microestrutura (DAHLENBORG; MILLQVIST-FUREBY; BERGENSTAHL, 2015; MIQUEL et al, 2001). Para Afoakwa et al (2009), o aparecimento do Fat bloom é devido à cristalização inadequada da manteiga de cacau durante a produção de chocolates e confeitos.

O aparecimento do “sugar bloom” na superfície do produto é outro problema recorrente nos chocolates. O “sugar bloom”, ou florescência do açúcar, surge na superfície do chocolate devido a umidade local do ambiente em que este se encontra. Esta condição faz com que a umidade se deposite na superfície do chocolate, provocando a dissolução do açúcar. Após evaporação da água aderida, os cristais de açúcar permanecem evidentes na superfície, deixando-a com aspecto manchado (JENSEN, 1931; ANDRAE-NIGHTINGALE; LEE; ENGESETH, 2009).

A temperatura é outro fator que pode desencadear o “sugar bloom”. Isso ocorre quando o chocolate é submetido ao armazenamento em temperaturas frias e, posteriormente, é levado para ambiente quentes. Essa mudança brusca de temperatura faz com que o chocolate “transpire”, promovendo o aparecimento de umidade na superfície do produto (ANDRAE-NIGHTINGALE; LEE; ENGESETH, 2009).

3.1.8 Benefícios do consumo de chocolates

Os benefícios da ingestão de chocolates datam de relatos muito antigos. Tal fato é comprovado através de narrações da época do Império Asteca quando Hernán Cortés, ao ingerir a bebida, descreveu o aparecimento de um efeito

energizante corporal, proporcionando maior força aos soldados (FERNÁNDEZ-MURGA et al, 2011).

No ano de 1937, o exército norte-americano notou os efeitos positivos do consumo de chocolates, como sensações antidepressivas e energéticas, tornando o produto um novo alimento levado aos combates para a alimentação dos soldados (FUNKE, 2009).

De acordo com Dam, Naidoo e Landberg (2013), a presença das substâncias conhecidas como flavonoides nos chocolates amargos tornam este produto eficiente na diminuição dos riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Segundo ABIA (2015), o consumo de chocolates pode desencadear diversos benefícios ao cérebro, como auxílio na prevenção de doenças neurodegenerativas. Porém, sua ingestão não deve ser excessiva, mas sim equilibrada. Para os consumidores mais idosos, o chocolate apresenta características que auxiliam nas habilidades e desenvolvimento do pensamento. Já os flavonoides, substâncias presentes nos chocolates, são capazes de melhorar as funções cognitivas em pessoas com problemas mentais. O potássio, cobre, magnésio e ferro são minerais fornecidos pelo consumo de chocolates escuros, sendo que os dois primeiros auxiliam na prevenção de problemas cerebrovasculares.

3.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS

A preferência dos consumidores por determinados alimentos tem mudado nos últimos 20 anos. Muitos consumidores têm optado por escolher produtos orgânicos e naturais, fazendo com que a indústria de alimentos procure formas de inovar seus processos e produtos a fim de atender às necessidades e preferências dos clientes (KONAR et al, 2016; RAUD, 2008; PADILHA et al., 2010).

De acordo com Dziki et al (2015), as indústrias de alimentos atualmente estão desenvolvendo novos produtos utilizando ingredientes capazes de promover benefícios em favor da saúde de seus consumidores, visto que a preferência destes tem sido por alimentos mais saudáveis.

As mudanças e inovações nos produtos alimentícios apresentam como destaque o crescimento dos produtos funcionais. Para acompanhar o aumento da preferência dos consumidores pela aquisição de alimentos com apelos funcionais,

as indústrias de chocolates têm visado modificações em suas formulações, principalmente enriquecendo seus produtos ou diminuindo teores de ingredientes pouco saudáveis (REZENDE et al, 2015).

Alimentos funcionais podem ser definidos, basicamente, como produtos alimentícios que apresentam, em sua formulação, a adição de substâncias capazes de desenvolver ações vantajosas ao organismo. Dentre as substâncias descritas como funcionais encontram-se as vitaminas, suplementos minerais, fitoquímicos, probióticos e outros (SHIN; KIM; PARK, 2015).

Apesar da área de ingredientes funcionais não ser ainda totalmente compreendida, a adição desses compostos em produtos alimentícios apresenta um excelente potencial de sucesso devido, principalmente, aos seus efeitos positivos no organismo (SILVA; BARREIRA, OLIVEIRA, 2016). Porém, as propriedades funcionais dos alimentos só são efetivadas no organismo se apresentarem estabilidade, bioatividade e biodisponibilidade (FANG; BHANDARI, 2010).

Vale ressaltar que além dos benefícios ao bom desenvolvimento do organismo e o auxílio na prevenção de doenças, os consumidores de alimentos funcionais exigem que estes apresentem preços acessíveis, conveniência e sabor agradável (KONAR et al, 2016).

A grande aceitação comercial dos chocolates faz com que a substituição de alguns ingredientes, de sua formulação padrão, por outros, que sejam capazes de agregar benefícios à saúde, seja realizada de forma mais aceitável pelos consumidores, visto que o produto é muito consumido. Dentre os ingredientes adicionados ao chocolate com maior frequência tem-se as fibras solúveis e insolúveis, os prebióticos, vitaminas e minerais (KONAR et al, 2016).

Definidas como substâncias incapazes de serem hidrolisadas pelo sistema gástrico humano, ou seja, são resistentes à ação das enzimas digestivas, as fibras alimentares compreendem a celulose, hemicelulose, oligossacarídeos, pectinas, gomas, ceras e lignina (GOZZO, 2003; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

As fibras alimentares são substâncias que estão sendo cada vez mais utilizadas nas formulações de produtos alimentícios com apelos funcionais. Este fato deve-se, principalmente, ao auxílio que as fibras desempenham para o bom funcionamento do sistema digestivo. Estudos afirmam que o consumo de alimentos com prebióticos e probióticos promovem bem-estar pessoal, melhoram a saúde e reduzem os riscos de determinadas doenças (KONAR et al, 2016).

Os prebióticos são compostos alimentícios não-digeríveis, capazes de desenvolver benefícios à saúde de seus consumidores devido à sua habilidade em estimular o crescimento das bactérias nativas do cólon intestinal. Em consequência desse estímulo, os prebióticos são reconhecidos por promoverem a composição e/ou manutenção da microbiota, auxiliando no bom funcionamento intestinal (ROBERFROID, 2002; GIBSON et al, 2004; SLAVIN, 2013).

Dentre os prebióticos mais amplamente utilizados na indústria alimentícia encontram-se a inulina, os frutooligossacarídeos e os galactooligossacarídeos (KONAR et al, 2016; SCHOLZ-AHRENS et al, 2016, LEONE, 2014). Contudo, os frutooligossacarídeos se destacam nas indústrias processadoras de alimentos doces, pois podem ser utilizados como substitutos parciais da sacarose, além de realçarem o sabor do produto (COUSSEMENT, 1999; NINESS, 1999).

A vantagem da adição de prebióticos aos produtos industrializados deve-se ao fato de além deles disponibilizarem um excelente valor nutricional, também apresentam potencial de melhoramento das propriedades sensoriais dos alimentos. A inulina e a povidexose, por exemplo, apresentam potencial para reduzir a proporção de gordura e açúcar nos alimentos, quando presentes em determinadas quantidades (KONAR et al, 2016).

Com relação a produção e desenvolvimento de alimentos ricos em prebióticos, somente na última década ocorreu a inserção de mais de 500 novos produtos no mercado (SILVERIA et al, 2015).

3.2.1 Legislação

De acordo com BRASIL (2016), os frutooligossacarídeos e a inulina são compostos prebióticos e, portanto, são capazes de auxiliar no bom funcionamento gastrointestinal, promovendo a manutenção e equilíbrio da microbiota nativa. Contudo, vale ressaltar que o consumo de prebióticos deve estar associado a hábitos de vida saudáveis, uma dieta equilibrada e ingestão adequada de líquidos.

Ainda segundo BRASIL (2016), para um alimento ser considerado como detentor de propriedades funcionais, este deve apresentar uma determinada quantidade do ingrediente funcional correspondente. No caso dos frutooligossacarídeos e inulina, o alimento deve disponibilizar, no mínimo, 2,5

gramas dessas substâncias na porção diária recomendada para ser classificado com funcional.

Com relação ao chocolate, segundo BRASIL (2003) para produtos de consumo ocasional, que é o caso de chocolates, bombons e similares, a recomendação diária, para pessoas maiores de 3 anos, é de 25 g.

3.2.2 Chocolates funcionais

Segundo Konar et al (2016), os produtos do setor de confeitaria têm modificado suas composições através da remoção e/ou substituição de um ou mais ingredientes da formulação por ingredientes que possam contribuir com benefícios à saúde.

A produção de chocolates com proporções reduzidas de açúcar através da substituição do mesmo pelos prebióticos é cada vez mais aceita devido, principalmente, ao fato de que a utilização de adoçantes, nesse tipo de produto, tem gerado respostas negativas por parte dos consumidores devido aos efeitos prejudiciais que estes aditivos podem desencadear no organismo (KONAR et al, 2016).

O chocolate, por ser um produto de grande aceitação pelos consumidores devido ao fato de apresentar sabores e texturas muito agradáveis, é visto como um alimento de grande potencial para as inovações dos setores alimentícios na busca pela disponibilização de produtos mais saudáveis. Nas indústrias de chocolate, a diminuição do teor de gordura e do índice de açúcar dos produtos são modificações que contribuem para a prevenção de doenças como, por exemplo, a obesidade.

Vários autores têm promovido o enriquecimento de chocolates com diferentes prebióticos e avaliado suas interações com este alimento. Aidoo, Afoakwa, Dewettinck (2014) promoveram a substituição de sacarose em chocolates por inulina e/ou polidextrose. Shourideh et al (2012) adicionou inulina e D-tagatose em chocolates amargo. Suter (2010) estudou os efeitos da incorporação de galactooligosacarídeos em chocolates. Gozzo (2003) avaliou o comportamento reológico de chocolates enriquecidos com fibras solúveis. Konar, Poyrazoglu e Artik (2015) estudaram chocolates adicionados de inulina e maltitol em chocolate ao leite sem açúcar.

3.3 YACON

3.3.1 Características do Yacon

O Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma interessante espécie cuja agricultura se originou na região andina, com destaque para Peru e Bolívia, porém, que apresenta cultivo em grande parte da América do Sul e da Europa (LEONE, 2014; SHI; ZHENG; ZHAO, 2015; DELGADO et al, 2013). No Brasil a introdução do Yacon e, conseqüentemente, seu cultivo iniciaram-se a partir da década de 90 (ASAMI et al, 1991).

De acordo com Sumiyanto et al (2012), as raízes de Yacon podem variar quanto ao tamanho e ao formato, podendo apresentar pesos em torno de 50 a 1000 gramas. Segundo Roberfroid (1999), a aparência das raízes de Yacon assemelha-se às raízes de batata-doce.

O cultivo do Yacon é desenvolvido desde as civilizações mais antigas do Peru, sendo que seu consumo, por estes povos, era realizado visando seus efeitos medicinais. Na Europa, o consumo de Yacon é feito principalmente por idosos, diabéticos e mulheres que se encontram na fase pós-menopausa (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

O Yacon é descrito como fonte de diversos compostos benéficos ao organismo. De acordo com Takenaka et al (2003), esta raiz é rica em frutooligossacarídeos e compostos fenólicos, em especial o clorogênico.

Composto basicamente por água e carboidratos, presentes principalmente na forma de frutooligossacarídeos, o Yacon descreve um terço do poder adoçante da sacarose, apresentando baixo valor energético (YUN, 1996).

De acordo com Genta et al (2009), as quantidades de frutooligossacarídeos encontradas nas raízes de Yacon são muito superiores aos de outras plantas que tem essa substância em comum. Juntamente com a inulina, os frutooligossacarídeos presentes no Yacon destacam-se pelos efeitos prebióticos apresentados (BIELECKA et al, 2002).

3.3.2 Benefícios do Yacon

O aumento do interesse em pesquisas, estudos e análises sobre o Yacon, além do maior consumo desta raiz pelas pessoas, é resultado dos inúmeros benefícios que o Yacon promove à saúde e bem-estar pessoal. Entre esses benefícios encontram-se: os efeitos hipoglicêmicos, a atividade antioxidante, o potencial de quimioprevenção contra câncer de cólon e o auxílio ao bom funcionamento gastrointestinal (GENTA et al, 2009; MOURA et al, 2012; SOUSA et al, 2015; SERRA-BARCELLO et al, 2014).

Outro benefício associado ao consumo de Yacon diz respeito aos seus efeitos antidiabéticos, visto que essa raiz promove ações que modulam a concentração de insulina no sangue e, também, inibem a gliconeogênese hepática (GENTA et al, 2009).

Segundo Valentová e Ulrichová (2003), a incorporação do Yacon à dieta está associada aos seus efeitos positivos aos mais diferentes fatores como, por exemplo, ao controle da hiperglicemia, auxílio no tratamento de problemas renais e, inclusive, no rejuvenescimento da pele.

3.3.3 Frutooligossacarídeos (FOS) e inulina

Os frutooligossacarídeos e a inulina, presentes nas raízes de Yacon, podem ser denominados prebióticos, pois não são metabolizados pelo organismo devido a sua resistência à hidrólise, intermediada pelas enzimas digestivas (GIBSON; ROBERFROID, 1995; GUIGOZ et al, 2002). Logo, a hidrólise destes frutanos é realizada no intestino grosso, com auxílio das bactérias formadoras da microbiota nativa (ROBERFROID, 2007; GIBSON; ROBERFROID, 1995; GUIGOZ et al, 2002).

Segundo Roberfroid e Slavin (2000), a razão pela qual os frutooligossacarídeos e a inulina não são hidrolisados pelas enzimas digestivas é devido à configuração em que as ligações glicosídicas entre as frutoses se encontram, a qual ocorre no arranjo β (2 \rightarrow 1).

De acordo com Abrams et al (2005), pessoas que realizam a ingestão de alimentos contendo frutooligossacarídeos em sua dieta, apresentam uma biodisponibilidade de minerais superior em seu organismo. A maior biodisponibilidade dos minerais ocorre devido à maior absorção destas substâncias pelo trato intestinal, fato este decorrente dos efeitos positivos que os frutooligossacarídeos desempenham neste órgão.

3.4 ANÁLISES DE TEXTURA EM ALIMENTOS

Determinar a textura de um alimento é fundamental para a indústria alimentícia, visto que através deste parâmetro é possível classificar o produto como condizente ou não com as características de qualidade exigidas. Dessa forma, a análise do perfil de textura é realizada tanto em indústrias de alimentos frescos, quanto em indústrias de alimentos processados (KONOPACKA; PLOCHARSKI, 2004).

Para alimentos como a batata frita, por exemplo, os parâmetros de textura são cruciais para determinar a qualidade do alimento visto que, alguns fatores, como a crocância, são atributos reconhecidos para a aceitabilidade dos consumidores, atendendo às exigências do mercado (KEALY, 2006).

A análise do perfil de textura (Texture profile analysis – TPA) é uma metodologia que visa promover o monitoramento e registro das propriedades de textura da amostra através da determinação de curvas características (CHEN; OPARA, 2013).

O perfil de textura de um produto é determinado através da simulação da mastigação por meio de um procedimento que realiza um ciclo duplo de compressão vertical em uma amostra (CHEN; OPARA, 2013). Dentre os parâmetros avaliados no TPA encontram-se: dureza, elasticidade, coesividade, adesividade, fraturabilidade, gomosidade, e mastigabilidade, sendo que, na industrialização do chocolate, a determinação instrumental da textura é a principal responsável por avaliar o processo (CHEN; OPARA, 2013; FERREIRA et al, 2000; SZCZESNIAK, 1987).

A dureza pode ser classificada como a força máxima registrada no primeiro ciclo de compressão da amostra. A elasticidade refere-se à tendência que a amostra tem de recuperação do seu formato original após ser submetida a uma deformação. A coesividade descreve a razão entre o trabalho realizado no segundo ciclo em relação ao trabalho realizado no primeiro ciclo. A adesividade corresponde a uma força negativa devido ao trabalho necessário para superar a força de atração entre o alimento e a sonda. A fraturabilidade é registrada quando dois picos de força são identificados no primeiro ciclo de análise, sendo que a fratura corresponde ao primeiro. A gomosidade relaciona-se com a força necessária para desintegrar uma amostra semissólida, enquanto que a mastigabilidade é o trabalho necessário para mastigar uma amostra sólida. A gomosidade relaciona a dureza e a coesividade,

enquanto que a mastigabilidade relaciona a gomosidade e a elasticidade (CHEN; OPARA, 2013).

A Figura 2 demonstra uma curva característica da TPA, demonstrando a relação entre as características intrínsecas de textura dos alimentos.

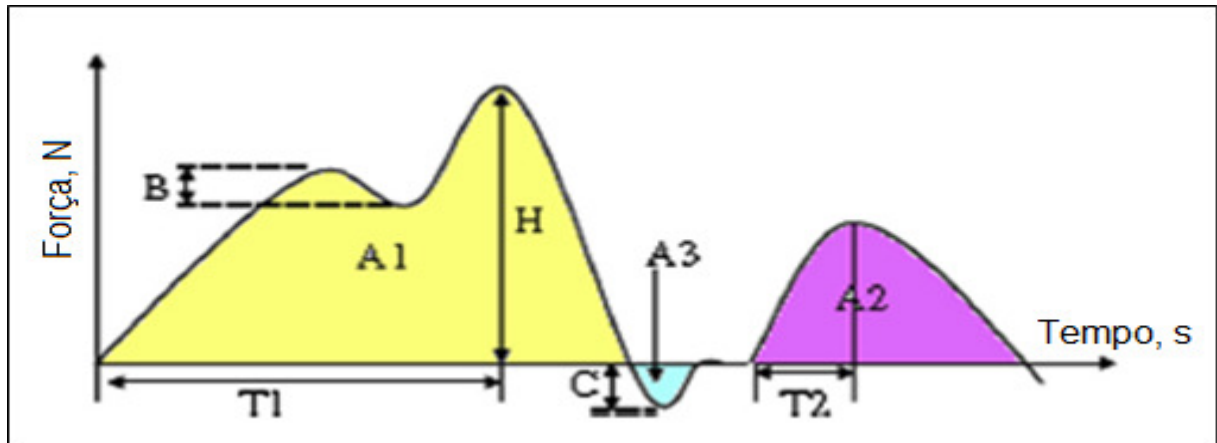


Figura 2: Curva característica da TPA. Dureza = H, Adesividade = A3, Coesividade = $A2/A1$, Fraturabilidade = B, Elasticidade = $T2/T1$, Mastigabilidade = $H \times A2/A1 \times T2/T1$, Gomosidade = $H \times A2/A1$.

Fonte: CHEN; OPARA (2013).

Segundo Beckett (1994a), a textura do chocolate requer um comportamento específico, no qual o produto deve apresentar-se solidificado à temperatura ambiente (20-25°C) e, à temperatura da boca (37°C), deve fundir-se rapidamente, se tornando um fluido de viscosidade apropriada.

3.5 ANÁLISES COLORIMÉTRICAS EM ALIMENTOS

A colorimetria é a ciência responsável por estudar o comportamento das cores. Logo, esta tecnologia é amplamente utilizada para mensurar a coloração dos produtos alimentícios, desde as frutas e vegetais até os produtos cárneos e as bebidas (CALVO; DURAN, 1997; HAMINIUK, 2007).

A percepção visual é a primeira forma de contato do consumidor com os produtos, portanto, a coloração dos alimentos deve seguir um padrão que esteja em conformidade com a exigência dos clientes.

Garantir a coloração adequada aos alimentos é de fundamental importância na indústria, visto que a cor do produto é diretamente associada à sua qualidade e estado de conservação (SALDAÑA et al, 2014). De acordo com Haminiuk (2007), as cores observadas nos alimentos são constantemente associadas, também, aos possíveis sabores que os produtos podem apresentar.

Segundo Calvo e Duran (1997), a identificação visual das cores é possível devido as diferentes ondas de luz que são absorvidas e refletidas pelos objetos. A determinação do comportamento das cores pode ser avaliada em diversos sistemas, como o CIELAB psicrométrico que representa a cor através de um diagrama em três dimensões (HAMINIUK, 2007).

No diagrama tridimensional CIELAB psicrométrico, o qual pode ser visualizado através da Figura 3, as variáveis analisadas são: luminosidade (L^*) e cromaticidade (a^* e b^*), denominadas como coordenadas retangulares, e a saturação (C^*) e tonalidade cromática (h°) que são coordenadas cilíndricas. A luminosidade (L^*) é medida em um intervalo entre o branco (100), ou máximo de luminosidade, e o preto (0), ou ausência de luz. O componente de cromaticidade (a^*) analisa a tendência do vermelho (+) ao verde (-), enquanto que o componente de cromaticidade (b^*) relaciona a tendência do amarelo (+) para o azul (-) (ABNT, 1992).

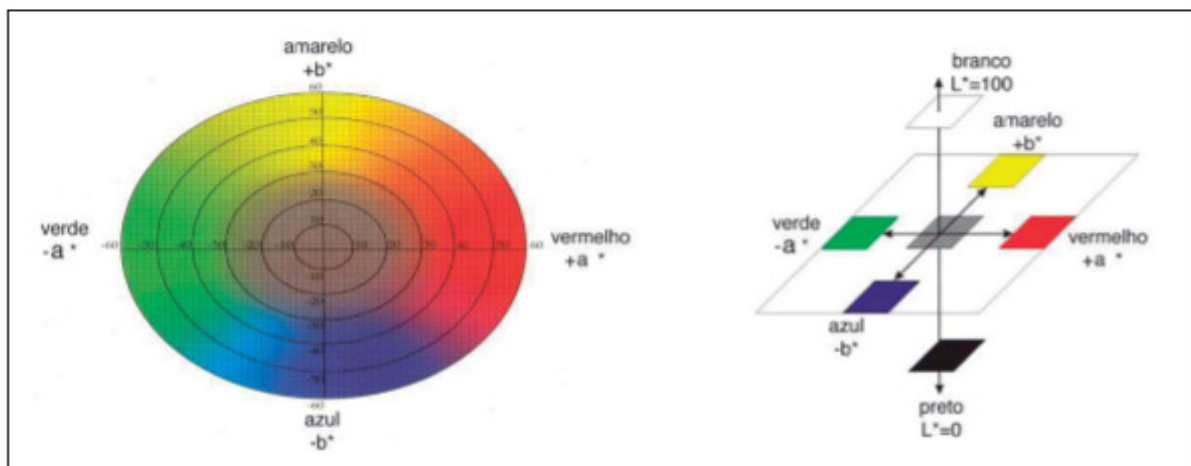


Figura 3: Modelo de cor CIELAB.

Fonte: LEONE (2014).

3.6 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Na química analítica, muitos métodos empregando análises de compostos através da aplicação de radiação eletromagnética vem sendo estudados e utilizados. Nesta área de pesquisa, a espectroscopia é classificada como a ciência que estuda a interação da radiação com a matéria, ou seja, avalia a emissão ou absorção de radiação pelas moléculas avaliadas. Os métodos de análise por espectroscopia são classificados de acordo com as regiões espectrais que estes serão empregados, sendo que o espectro eletromagnético é formado pelos raios gama e raios x, pelas regiões ultravioleta, visível e do infravermelho e pelas microondas e ondas de rádio (SKOOG et al., 2006).

Contudo, a região do infravermelho pode ser dividida em outras 3 regiões, as quais são: infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho distante (BURNS; CIURCZAK, 2008). As citadas regiões do espectro eletromagnético podem ser visualizadas através da Figura 4.

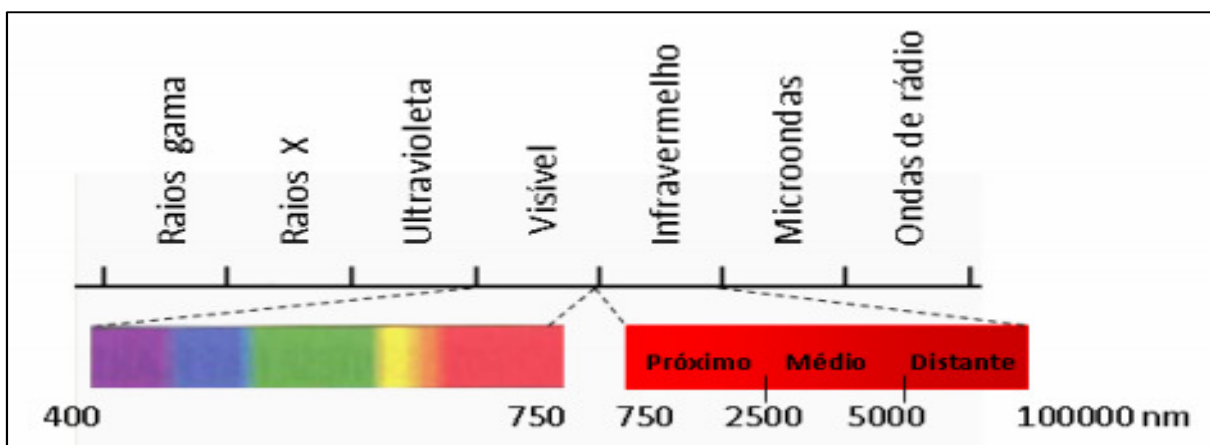


Figura 4: Espectro eletromagnético.

Fonte: VIANA (2008).

A espectroscopia no infravermelho próximo (Near Infrared Spectroscopy – NIRS) é uma metodologia que vem sendo amplamente utilizada nos mais variados setores industriais, pois seu uso apresenta diversas vantagens, tais como: fornecimento rápido de resultados, descreve elevado poder de penetração dos feixes de radiação, é uma tecnologia não-invasiva e não-destrutiva, pode ser aplicada de forma quase universal e não necessita de grandes preparações na

amostra. Como desvantagem, a espectroscopia no infravermelho próximo não dispõe da sensibilidade necessária para identificar substâncias presentes em concentrações mínimas (PASQUINI, 2003; SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

No estudo do comportamento da região do infravermelho próximo, observa-se o surgimento de sobretons e bandas de combinação de estiramento e deformações angulares, os quais descrevem sinais vibracionais (WORKMAN; KOWALSKI; BRO, 1996). Os sobretons representam intensidades mais fracas do que a intensidade entre o primeiro estado de excitação da molécula e seu estado fundamental (FILHO, 2003). Em contrapartida, as bandas são descritas como representantes de metade e um terço do estado fundamental (SOUZA, 2005).

Esta tecnologia tem como principal objetivo investigar a interação das ondas eletromagnéticas do infravermelho próximo com os elementos composicionais da amostra (PASQUINI, 2003). Após a incidência de uma radiação eletromagnética em uma amostra, o raio incidente pode interagir de 3 formas possíveis: sendo absorvido, transmitido ou refletido, dependendo dos constituintes e parâmetros físicos desta amostra (VIANA, 2008).

Os resultados obtidos no emprego da tecnologia de espectroscopia no infravermelho próximo apresentam potencial para informar sobre as proporções de algum determinado componente presente na amostra (PASQUINI, 2003).

A espectroscopia no infravermelho próximo tem sido muito aplicada devido ao seu potencial para a utilização em setores produtivos e controladores de qualidade dos mais variados setores, como indústrias alimentícias, de polímeros, petroquímicas, de tintas, agrícola, de cosméticos e de produtos farmacêuticos (WILLIAMS; NORRIS, 2001; VIEIRA et al., 2002).

3.7 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA) é uma metodologia pertencente à área da quimiometria que apresenta como principal objetivo a extração de informações relevantes, através da variação dos dados espectrais. O princípio desta ferramenta baseia-se em reduzir as dimensões do conjunto de dados através da projeção dos dados originais, os quais compõe grande

dimensão espacial, em dimensões menores (BORIN, 2003; ALBERTCHT et al, 2007).

Devido à redução da dimensionalidade dos dados coletados, a análise por componentes principais direciona para que a primeiras componentes contêm as informações mais importantes sobre a amostra, enquanto que as demais informações são armazenadas nas últimas componentes do sistema (BEEBE et al, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

4.1.1 Matéria-prima

Para a produção das amostras (bombons) foram utilizadas as seguintes matérias-primas: Chocolate, farinha de Yacon e Mycryo.

Os chocolates e o Mycryo utilizados na fabricação das amostras foram adquiridos em comércio local da cidade de Marília, interior de São Paulo, sendo todos da marca Callebaut.

Foram escolhidos 4 tipos de chocolates para a fabricação das amostras, sendo eles: ao leite (823NV-W79), meio amargo (811NV-W79), branco (W2NV-WT9) e sem lactose (811NV132).

A farinha de Yacon foi comprada via internet no site da Natue, sendo que a marca da farinha adquirida era Nu³ Natural.

As especificações da farinha de Yacon garantiam que o produto era livre de aromatizantes, conservantes, corantes artificiais e adoçantes artificiais, além de não conter açúcar, glúten e lactose, sendo indicado para o consumo de pessoas veganas.

As informações nutricionais da farinha de Yacon utilizada neste estudo são apresentadas na Tabela 1. Vale ressaltar que os valores apresentados na Tabela 1 relacionam-se a uma porção de 10 gramas da farinha.

Tabela 1 – Informações nutricionais da farinha de Yacon.

Informação Nutricional	Quantidade por porção (10 g)	% VD (*)
Valor energético	19 Kcal = 80 KJ	<1
Carboidratos	4,25 g	1,4
Proteínas	0,5 g	0,7
Fibra alimentar	5 g	20

Não contem quantidades significativas de gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e sódio.

(*) %VD Valor Diário de referência com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400Kj. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Fonte: Embalagem do produto.

4.1.2 Fabricação das amostras

As formulações testadas, com diferentes proporções de chocolate e farinha de Yacon, estão apresentadas na Tabela 2. Tais proporções foram formuladas para os 4 tipos de chocolates escolhidos.

A primeira etapa para a produção das amostras consistiu em promover o derretimento dos callets (gotas de chocolate). Para tal, os callets foram devidamente pesados, com auxílio de balança semi-analítica, e alocados em um recipiente de vidro adequado, o qual foi inserido em um micro-ondas programado para trabalhar sob potência média.

Em seguida, os callets foram submetidos à três aquecimentos sucessivos, sendo os dois primeiros aquecimentos de 30 segundos e o terceiro de quinze segundos, com o intuito de tornar o chocolate totalmente fluido. Contudo, entre os aquecimentos, o recipiente foi retirado do micro-ondas para que o chocolate fosse homogeneizado de forma apropriada.

Vale ressaltar que durante todo o processo de derretimento a temperatura do chocolate foi controlada, com auxílio de termômetro digital infravermelho, a fim de que não fosse superior à 42°C.

Após o derretimento do chocolate, este foi resfriado manualmente até atingir uma temperatura entre 33 e 34°C, visto que o mycryo deveria ser adicionado ao chocolate somente com a temperatura neste intervalo. A proporção de mycryo adicionada foi de 2% em relação ao total de chocolate.

A adição do Yacon foi realizada após o chocolate atingir a temperatura de moldagem respectiva a cada tipo. Para o chocolate ao leite, a temperatura de moldagem é de 30°C, enquanto que para o chocolate branco é de 29°C e para o meio amargo e o sem lactose, a temperatura de moldagem é 31°C. A massa obtida, formada por chocolate e Yacon, foi devidamente homogeneizada antes de ser moldada.

Somente para as amostras controle, a etapa de adição da farinha de Yacon foi excluída, sendo estes moldados com 100% de chocolate.

A moldagem das amostras foi realizada a partir da utilização de formas de molde plástico adquiridas no comércio local da cidade de Marília. Após a adição da massa, as formas contendo a amostra foram submetidas à batidas sutis, com o intuito de remover as possíveis bolhas de ar presentes no interior da mistura.

Posteriormente, as formas contendo as amostras foram introduzidas à geladeira, na qual permaneceram por 20 minutos. A temperatura da geladeira foi constantemente verificada e mantida em 10,5°C durante todos os processos e formulações. Durante toda a permanência das formas na geladeira, estas foram mantidas cobertas, a fim de que a amostra não incorporasse a umidade interna do equipamento.

Passados os 20 minutos de residência na geladeira, as amostras foram desenformadas e alocada em caixas de papelão.

Tabela 2: Proporções entre chocolate e farinha de Yacon nas amostras.

Formulação	Chocolate (%)	Farinha de Yacon (%)
1	100	0
2	92	8
3	84	16
4	76	24

Todo o procedimento descrito anteriormente para produzir as amostras foi realizado duas vezes para cada tipo de chocolate. Tal ação tem como objetivo reduzir o erro experimental do processo.

Todos os procedimentos, incluindo a fabricação das amostras e a realização das análises, foram executados nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão.

4.2 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE TEXTURA

A caracterização do perfil de textura das amostras foi realizada utilizando o equipamento texturômetro TA-XT Express Enhanced, Texture Analyzer – Stable Microsystems.

Antes de iniciar as devidas análises, o texturômetro foi calibrado adequadamente, em relação à força e altura, e as variáveis de processo foram definidas, culminando com a criação de um projeto.

Os parâmetros de processo escolhidos para a análise de textura das amostras foram: penetração de 50% da altura da amostra (2mm), velocidade de análise de 1 mm/s, 2 ciclos de análise para cada amostra, tempo de intervalo de 5 segundos e trigger force de 0,049033 Newtons.

Para a determinação do perfil de textura das amostras, as propriedades avaliadas foram: dureza, fraturabilidade, adesividade, espalhabilidade, mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência.

A avaliação da textura foi realizada utilizando 9 amostras íntegras de cada repetição do processo, as quais foram submetidas à força de penetração do equipamento.

Durante todo o procedimento, as amostras foram mantidas à uma temperatura ambiente de 23°C.

4.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS

A determinação da coloração das amostras foi realizada utilizando espectrofotômetro de refletância difusa MiniScan EZ (HunterLab, MSEZ-4000S, USA). Contudo, antes de realizar as leituras de coloração das amostras, o espectrofotômetro foi devidamente calibrado.

Para esta análise foram utilizadas 3 amostras íntegras de cada repetição do processo, as quais foram mantidas a uma temperatura ambiente constante de 23°C.

A análise consistiu em aproximar o equipamento à superfície das amostras e realizar as devidas leituras, averiguando como parâmetros a Luminosidade (L^*) e as cromaticidades (a^*) e (b^*).

4.4 ANÁLISE EM INFRAVERMELHO

As análises das amostras na região do infravermelho próximo foram feitas através da aquisição dos espectros utilizando o equipamento MicroNIR da JDSU, com resolução de 6 nm, o qual foi devidamente calibrado, antes de iniciarem as leituras e coleta dos espectros de reflectância.

Para esta análise, foram utilizadas 2 amostras de cada repetição do processo, as quais foram mantidas à uma temperatura ambiente constante de 23°C.

As amostras foram analisadas de forma integral, ou seja, não houve necessidade de qualquer outro tipo de preparo para a análise no infravermelho próximo.

O procedimento para aquisição dos espectros consistiu em focalizar o equipamento diretamente na superfície da amostra e adquirir os respectivos espectros de reflectância.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos através das análises de cor e textura das amostras foram submetidos à tratamentos estatísticos realizados no programa Statistica, versão 10, no qual a avaliação dos dados foi realizada por intermédio de Análise de Variância (ANOVA), sendo verificadas a existência ou não de diferenças significativas entre as amostras. Em casos que houveram diferenças significativas entre as amostras, aplicou-se o Teste de Tukey, com nível de significância de 95%, com o intuito de identificar quais amostras diferem entre si.

Com relação aos resultados obtidos nas análises utilizando infravermelho próximo, estes foram tratados no programa MATLAB versão 2013a, utilizando-se o PLS toolbox para aplicação de PCA.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Através da determinação do perfil de textura das amostras controle (formulação 1) e das amostras enriquecidas com farinha de Yacon (formulações 2, 3 e 4) foram obtidos os devidos parâmetros de dureza, fraturabilidade, adesividade e espalhabilidade, os quais apresentam as respectivas médias obtidas na Tabela 3, e os parâmetros de mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência, com seus respectivos resultados de médias explicitados na Tabela 4.

Analisando a Tabela 3 é possível verificar que as médias obtidas para os parâmetros de dureza apresentaram-se bastante dispersos, variando de 16,156 N a 30,637 N para o chocolate ao leite e 11,694 N a 27,734 N para o chocolate branco, enquanto que para o meio amargo a variação foi entre 30,673 N e 49,210 N e para o sem lactose foi entre 27,282 N e 37,021 N.

Os resultados discrepantes em relação a dureza podem ser decorrentes de falta de homogeneidade das amostras, visto que a fabricação das mesmas foi feita através da mistura manual da farinha e do chocolate, podendo não ter sido suficiente para manter a amostra devidamente homogênea, culminando com interferências das partículas durante as análises.

Minifie (1989) informa que os tamanhos das partículas formuladoras dos chocolates promovem interferências na viscosidade e textura dos produtos finais.

Outro fator que pode ter motivado os resultados dispersos em relação a dureza pode ser decorrente do processo de têmpera, já que este foi realizado somente com a adição do mycryo, sendo que esta etapa influencia diretamente nos parâmetros de textura do chocolate, principalmente na propriedade de dureza.

Do et al (2011), em seu estudo sobre as características estruturais das partículas de cacau, verificaram que, comparando massa de cacau comum com cacau em pó desengordurado e cacau em pó altamente desengordurado adicionados de manteiga de cacau, a massa de cacau descreveu maior viscosidade que as formuladas com pó de cacau desengordurados. Analisando microscopicamente, verificaram que a massa de cacau apresentava grandes espaços vazios, os quais promoveram aprisionamento da gordura acarretando em

menor proporção de fase contínua e viscosidade mais elevada. As partículas de cacau desengorduradas apresentavam-se menores e mais irregulares, culminando com maior área a ser revestida pela fase gordurosa e menor viscosidade.

Quando comparamos a dureza das amostras de diferentes chocolates e igual quantidade de farinha de Yacon, podemos separar em dois grupos: ao leite e branco; meio amargo e sem lactose. Dentro do grupo do ao leite e branco, podemos observar que as quantidades intermediárias de farinha de Yacon (8% e 16%) provocaram diferença significativa entre as médias da dureza. Para as formulações controle e 4, não se observou diferença entre as amostras. Já para o grupo dos chocolates meio amargo e sem lactose, as maiores quantidades de farinha de Yacon adicionadas tiveram efeito significativo para o parâmetro de dureza, enquanto que para as formulações controle e 2, não houve diferença significativa entre as médias nesta propriedade.

Com relação à característica de fraturabilidade, a adição de farinha de Yacon não culminou em interferências nesse parâmetro, quando comparamos a variação dentro de cada tipo de chocolate. Todas as 4 formulações foram estatisticamente iguais, variando de 15,424 N a 21,483 N no chocolate ao leite, 11,036 N a 21,347 N no chocolate branco, 30,637 N a 49,210 N no chocolate meio amargo e 27,282 N a 37,021 N no chocolate sem lactose.

Para os parâmetros de adesividade e espalhabilidade os resultados obtidos foram estatisticamente iguais tanto entre as formulações, quanto entre os 4 tipos de chocolate, ou seja, a adição de farinha de Yacon não promoveu nenhuma alteração nesses parâmetros. Os valores das médias da adesividade variaram de -0,853 N.s, respectivo a formulação 1 do chocolate meio amargo, a -0,564 N.s, respectivo a formulação 2 do chocolate ao leite. Para os valores de espalhabilidade, estes variaram de 0,063, para a formulação 2 do chocolate branco, a 0,104, para as formulações 3 dos chocolates branco e sem lactose.

Tabela 3: Médias dos valores de dureza, fraturabilidade, adesividade e espalhabilidade das formulações testadas.

Tipo de chocolate	Formulação	Dureza (N)	Fraturabilidade (N)	Adesividade (N.s)	Espalhabilidade
Ao leite	1	20,640 ($\pm 0,700$) ^c	16,107 ($\pm 3,424$) ^{abc}	-0,728 ($\pm 0,078$) ^a	0,096 ($\pm 0,013$) ^a
	2	16,156 ($\pm 0,706$) ^b	15,424 ($\pm 0,420$) ^{abc}	-0,564 ($\pm 0,019$) ^a	0,066 ($\pm 0,019$) ^a
	3	26,592 ($\pm 1,654$) ^d	20,802 ($\pm 6,476$) ^{abcd}	-0,601 ($\pm 0,032$) ^a	0,072 ($\pm 0,015$) ^a
	4	29,401 ($\pm 1,248$) ^{def}	21,483 ($\pm 7,932$) ^{abcd}	-0,664 ($\pm 0,092$) ^a	0,086 ($\pm 0,027$) ^a
Meio amargo	1	30,673 ($\pm 2,627$) ^{def}	24,294 ($\pm 6,711$) ^{abcd}	-0,853 ($\pm 0,973$) ^a	0,089 ($\pm 0,012$) ^a
	2	31,535 ($\pm 1,634$) ^f	24,636 ($\pm 7,878$) ^{abcd}	-0,671 ($\pm 0,066$) ^a	0,086 ($\pm 0,010$) ^a
	3	40,957 ($\pm 2,831$) ^h	28,513 ($\pm 12,470$) ^{bcd}	-0,656 ($\pm 0,148$) ^a	0,099 ($\pm 0,025$) ^a
	4	49,210 ($\pm 3,131$) ⁱ	29,603 ($\pm 14,992$) ^{cd}	-0,611 ($\pm 0,074$) ^a	0,089 ($\pm 0,015$) ^a
Branco	1	18,276 ($\pm 0,798$) ^{bc}	14,790 ($\pm 1,862$) ^{ab}	-0,734 ($\pm 0,079$) ^a	0,096 ($\pm 0,012$) ^a
	2	11,694 ($\pm 0,812$) ^a	11,036 ($\pm 0,793$) ^a	-0,595 ($\pm 0,031$) ^a	0,063 ($\pm 0,016$) ^a
	3	21,016 ($\pm 0,824$) ^c	18,248 ($\pm 3,380$) ^{abcd}	-0,703 ($\pm 0,487$) ^a	0,104 ($\pm 0,204$) ^a
	4	27,734 ($\pm 1,332$) ^{def}	21,347 ($\pm 5,913$) ^{abcd}	-0,627 ($\pm 0,049$) ^a	0,069 ($\pm 0,029$) ^a
Sem lactose	1	27,282 ($\pm 0,802$) ^{de}	19,350 ($\pm 12,689$) ^{abcd}	-0,604 ($\pm 0,060$) ^a	0,088 ($\pm 0,009$) ^a
	2	31,371 ($\pm 1,123$) ^{ef}	28,442 ($\pm 7,346$) ^{bcd}	-0,587 ($\pm 0,068$) ^a	0,083 ($\pm 0,012$) ^a
	3	35,778 ($\pm 1,445$) ^g	32,073 ($\pm 1,194$) ^d	-0,683 ($\pm 0,284$) ^a	0,104 ($\pm 0,046$) ^a
	4	37,021 ($\pm 2,100$) ^{gh}	27,169 ($\pm 9,984$) ^{bcd}	-0,675 ($\pm 0,085$) ^a	0,085 ($\pm 0,012$) ^a
P – Valor ANOVA		<0,0001	<0,0001	0,413	0,527

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 95% de significância.

Analisando a Tabela 4, para a característica de mastigabilidade não foi observada diferença significativa, com a adição de farinha de Yacon, entre as formulações dos chocolates ao leite, branco e sem lactose, os quais obtiveram variação do parâmetro entre 4,721 e 14,302, 3,049 e 10,924 e entre 15,508 e 25,375, respectivamente. Para o chocolate meio amargo foram identificadas diferenças estatísticas entre as formulações, sendo que seus resultados permaneceram entre 17,503 e 30,740.

A avaliação da gomosidade das amostras forneceu médias sem diferença significativa estatisticamente somente para o grupo de formulações do chocolate branco e do chocolate sem lactose. Para estes chocolates a gomosidade variou entre 48,177 e 126,165 e de 174,148 a 229,359, respectivamente. Para os chocolates ao leite e meio amargo os resultados obtidos permaneceram, respectivamente, entre 71,154 e 161,983 e entre 205,728 e 332,719.

Para os resultados de coesividade, a adição de farinha de Yacon não interferiu de forma significativa nas formulações de chocolate meio amargo e chocolate sem lactose, enquanto que para o chocolate branco somente a formulação 1 (controle) diferiu estatisticamente das demais formulações. A coesividade do chocolate meio amargo apresentou variação entre 0,063 e 0,073, enquanto que para o chocolate sem lactose a variação foi de 0,057 a 0,063 e para o chocolate branco o menor valor obtido foi de 0,041 e o maior foi de 0,062. No chocolate ao leite o intervalo encontrado foi de 0,043 a ,063.

Por fim, com relação a resiliência, as formulações dos chocolates meio amargo, branco e sem lactose foram descritas como iguais estatisticamente. Sendo que os resultados obtidos variaram entre 0,029 e 0,037, para o meio amargo, 0,020 a 0,026, para o branco e 0,027 a 0,030, para o sem lactose. Para o chocolate ao leite as variações permaneceram entre 0,020 e 0,029.

Tabela 4: Médias dos valores de mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência das formulações testadas.

Tipo de chocolate	Formulação	Mastigabilidade	Gomosidade	Coesividade	Resiliência
Ao leite	1	12,719 ($\pm 2,493$) ^{abcd}	131,872 ($\pm 11,211$) ^{bcde}	0,063 ($\pm 0,005$) ^{cde}	0,024 ($\pm 0,005$) ^{ab}
	2	4,721 ($\pm 1,616$) ^{ab}	71,154 ($\pm 5,365$) ^{ab}	0,043 ($\pm 0,005$) ^{ab}	0,020 ($\pm 0,000$) ^a
	3	10,063 ($\pm 3,257$) ^{abcd}	136,937 ($\pm 27,083$) ^{bcde}	0,051 ($\pm 0,008$) ^{abc}	0,025 ($\pm 0,006$) ^{ab}
	4	14,302 ($\pm 6,038$) ^{bcd}	161,983 ($\pm 23,801$) ^{cdef}	0,054 ($\pm 0,007$) ^{abcd}	0,029 ($\pm 0,003$) ^{bcd}
Meio amargo	1	20,287 ($\pm 4,312$) ^{defg}	227,388 ($\pm 32,289$) ^{fg}	0,073 ($\pm 0,005$) ^e	0,031 ($\pm 0,002$) ^{bcd}
	2	17,503 ($\pm 3,332$) ^{cde}	205,728 ($\pm 20,067$) ^{efg}	0,063 ($\pm 0,006$) ^{cde}	0,029 ($\pm 0,003$) ^{bcd}
	3	28,524 ($\pm 11,828$) ^{fg}	282,175 ($\pm 48,974$) ^{gh}	0,068 ($\pm 0,010$) ^{de}	0,033 ($\pm 0,006$) ^{cd}
	4	30,740 ($\pm 9,574$) ^g	332,719 ($\pm 76,557$) ^h	0,065 ($\pm 0,014$) ^{cde}	0,037 ($\pm 0,008$) ^d
Branco	1	10,924 ($\pm 2,111$) ^{abcd}	112,468 ($\pm 11,465$) ^{abcd}	0,062 ($\pm 0,004$) ^{cde}	0,020 ($\pm 0,000$) ^a
	2	3,049 ($\pm 1,042$) ^a	48,177 ($\pm 4,916$) ^a	0,041 ($\pm 0,003$) ^a	0,020 ($\pm 0,000$) ^a
	3	4,878 ($\pm 1,096$) ^{ab}	98,198 ($\pm 63,829$) ^{abc}	0,046 ($\pm 0,029$) ^{ab}	0,020 ($\pm 0,003$) ^a
	4	8,928 ($\pm 4,473$) ^{abc}	126,165 ($\pm 13,612$) ^{abcde}	0,044 ($\pm 0,005$) ^{ab}	0,026 ($\pm 0,005$) ^{abc}
Sem lactose	1	15,508 ($\pm 2,181$) ^{bcde}	174,148 ($\pm 13,177$) ^{cdef}	0,062 ($\pm 0,005$) ^{cde}	0,027 ($\pm 0,005$) ^{abc}
	2	15,639 ($\pm 3,233$) ^{bcde}	187,849 ($\pm 15,881$) ^{def}	0,058 ($\pm 0,005$) ^{bcde}	0,029 ($\pm 0,003$) ^{bcd}
	3	25,375 ($\pm 18,847$) ^{efg}	229,359 ($\pm 37,605$) ^{fg}	0,063 ($\pm 0,011$) ^{cde}	0,029 ($\pm 0,002$) ^{bcd}
	4	18,341 ($\pm 3,809$) ^{cdef}	218,273 ($\pm 22,672$) ^{fg}	0,057 ($\pm 0,007$) ^{bcd}	0,030 ($\pm 0,000$) ^{bcd}
P – Valor ANOVA		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 95% de significância.

Contudo, é possível notar o aparecimento de um comportamento particular entre as formulações de cada chocolate. Comparando os resultados das formulações 1 e 2, é possível averiguar que a adição de farinha de Yacon aos chocolates desenvolveu, a princípio, uma redução das médias das propriedades de textura, em algumas amostras e propriedades.

Entretanto, a redução das propriedades de textura não demonstrou um comportamento diretamente proporcional ao aumento da quantidade de farinha Yacon nas formulações seguintes, pois o aumento para 16% e 24% de Yacon nas formulações de chocolates descreveram aumento das médias das características de textura das amostras.

Rocha (2011), em sua avaliação da incorporação de fibra de milho em barras de cereais, verificou comportamento parecido em relação a dureza nas barras sem forneamento, visto que a adição de 20% da fibra descreveu menor dureza em relação as barras adicionadas de 10%. Por outro lado, as barras contendo 30% de fibra de milho apresentaram dureza mais elevada em relação as contendo 10%. Para coesividade e mastigabilidade foi observada diferença significativa somente entre as barras com 10 e 30% da fibra de milho.

Martínez-Cervera et al (2011), ao utilizarem fibra de cacau como substituto de gordura em bolos de chocolate, também verificaram comportamento semelhante nas propriedades de dureza e mastigabilidade. Para a dureza foi verificado que, em relação ao controle, a substituição com 11,5% e 23% de fibra promoveram a diminuição dos valores do parâmetro, enquanto que a substituição com 34,5% culminou com o aumento. Para mastigabilidade, novamente, as menores adições da fibra promoveram diminuição da propriedade, em relação ao controle, enquanto que a maior substituição (34,5%) aumentou os valores. Para as propriedades de espalhabilidade, coesividade e resiliência o aumento da proporção substituída por fibra de cacau promoveu diminuição nos parâmetros de textura.

Ao estudarem as propriedades sensoriais e instrumentais de biscoitos utilizando substitutos de gordura, Laguna et al (2014) obtiveram como resultados que, em relação ao controle, as amostras substituídas com 15% e 30% de inulina, bem como as adicionadas de 15% e 30% de hidroxipropilmetilcelulose apresentaram aumento progressivo na força máxima requerida durante as análises instrumentais. Contudo as amostras adicionadas de inulina apresentaram resultados de dureza bem superiores às de hidroximetilcelulose.

Paseephol, Small e Sherkat (2008), ao adicionar 4% de inulina, com tamanhos de cadeia diferentes, em iogurtes sem gordura, verificaram em relação ao controle que amostras substituídas apresentaram menores valores de dureza e viscosidade, enquanto que a substituição com inulina de cadeia longa mostrou comportamento parecido com o controle. Neste estudo, o efeito “amaciante” da inulina foi sugerido como sendo decorrente do menor teor de proteína nos iogurtes enriquecidos com inulina e, também, devido a dispersão das moléculas de inulina entre as micelas de caseína promovendo interferências na rede protéica.

Resultados semelhantes foram obtidos por Castro et al (2009) ao estudar os efeitos da adição de frutooligossacarídeos nas propriedades de bebidas lácteas, o qual sugeriu que a adição de 2 a 5% de FOS promoveu efeito plastificante no produto, devido menor hidratação e redução do volume da proteína, culminando com diminuição da viscosidade. Por outro lado, a adição de frações longas de inulina desenvolveram aumento da firmeza do produto.

Alguns autores relataram que a adição de inulina em chocolate pode desencadear no aparecimento de determinadas influências sobre os parâmetros físicos do produto. Aidoo, Afoakwa, Dewettinck (2015), adicionando inulina e polidextrose em chocolates sem açúcar, Konar et al (2014a), analisando propriedades físicas do chocolate ao leite adicionado de inulina e Konar et al (2014b), analisando propriedades físicas do chocolate ao leite adicionado de polidextrose, notaram o surgimento de influências sobre as propriedades reológicas e de textura dos chocolates avaliados devido a alterações, principalmente, nas características de dureza e viscosidade do produto.

Aidoo, Afoakwa e Dewettinck (2014), ao avaliarem a substituição da sacarose por inulina e/ou polidextrose em chocolates, verificaram que a modificações com maiores proporções de inulina e menores ou nenhuma adição de polidextrose tornaram o produto cada vez mais duro.

Meyer et al (2011), em sua revisão sobre as interferências da inulina em produtos alimentícios, concluiu que as interferências dessa substância na reologia e textura dos alimentos depende basicamente da quantidade e grau de polimerização em que a inulina é adicionada ao produto. A utilização de inulina de cadeia longa pode promover modificações das características do alimento, porém esta ação depende, também, da estrutura e composição do produto.

De acordo com Wada et al (2005), o grau de polimerização da inulina é o fator responsável pelas propriedades físico-químicas desta substância, visto que este pode promover interferências nas características de fusão, capacidade de formação de gel e interação desta substância com outros componentes alimentares, por exemplo. As frações de cadeia curta da inulina, ou seja, os FOS, são mais solúveis e doces, enquanto que as frações mais longas são menos solúveis e mais viscosas.

Portanto, a inulina pode ser utilizada na indústria de alimentos como substituta de gordura ou de açúcar e, conseqüentemente, é capaz de promover modificações na textura e no sabor dos produtos.

Konar et al (2016), em sua revisão sobre o melhoramento da funcionalidade dos chocolates, relatou que a adição de inulina em chocolates deve ser feita em proporções considerando a qualidade exigida para o produto final, visto que a adição desta substância pode promover interferências em diversas características do alimento.

Visto isso, é possível avaliar que a adição de farinha de Yacon em matrizes de chocolates pode influenciar nos resultados das características de textura das amostras, sendo que as possíveis interferências desta adição podem estar relacionadas diretamente às proporções em que esta substância é adicionada, ao grau de polimerização da inulina presente na farinha, às características intrínsecas dos chocolates, bem como das possíveis interações entre os componentes do Yacon e os componentes do chocolate.

Logo, menores quantidades de farinha de Yacon (8%) possibilitam que as partículas adicionadas consigam interagir com partículas presentes nos chocolates, podendo favorecer as propriedades de textura do produto final. Por outro lado, maiores adições de farinha de Yacon (16% e 24%) culminam com excesso de partículas presentes na mistura, as quais não interagem totalmente aos chocolates, podendo prejudicar as propriedades de textura do produto final, como aumento da dureza.

Resultados diferentes poderiam ser obtidos se a adição da farinha de Yacon fosse feita durante as etapas de processamento do chocolate substituindo algum de seus constituintes, como gorduras e açúcares por exemplo. Dessa forma, o produto final obtido seria mais homogêneo, com textura mais apropriada, além de ser mais saudável e nutritivo.

5.2 ANÁLISES COLORIMÉTRICAS

A Tabela 5 informa as médias dos parâmetros de luminosidade e das coordenadas cromáticas obtidas através da análise colorimétrica dos chocolates e suas respectivas formulações.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5 é possível constatar que, em relação à luminosidade, as formulações de chocolates meio amargo e sem lactose não apresentaram diferenças entre si estatisticamente, enquanto que, para o chocolate ao leite, foram verificadas diferenças significativas somente entre as formulações 1 e 4, sendo a primeira mais clara que a outra.

Os resultados das médias obtidas para as propriedades de luminosidade das amostras variaram de 37,642 a 39,975, para o chocolate ao leite, 28,168 a 28,847, para o meio amargo e 27,775 a 28,243, para o chocolate sem lactose.

Para o chocolate branco, observou-se que a adição de farinha de Yacon culminou com a constatare diminuição da luminosidade das amostras, visto que a formulação 4 apresentou a menor média, enquanto que a formulação 1 apresentou a maior. Para este chocolate, a propriedade de luminosidade variou entre 83,920 e 52,000. Tal comportamento era esperado, visto que a farinha de Yacon utilizada apresentava coloração amarronzada, devido a possíveis reações de escurecimento enzimático, culminando com o escurecimento das amostras, fato este que é demonstrado na Figura 5.

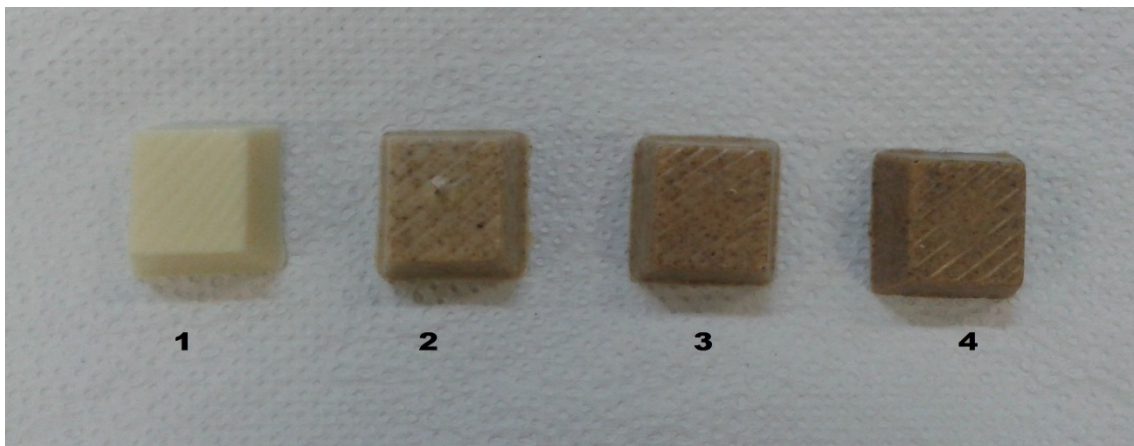


Figura 5: Coloração das amostras de chocolate branco para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 5: Médias das propriedades de Luminosidade (L*) e cromaticidades (a*) e (b*) das amostras.

Tipo de chocolate	Formulação	L*	a*	b*
Ao leite	1	39,975 ($\pm 0,161$) ^c	10,148 ($\pm 0,125$) ^g	13,840 ($\pm 0,284$) ^c
	2	39,100 ($\pm 0,573$) ^{bc}	9,750 ($\pm 0,108$) ^{fg}	13,240 ($\pm 0,321$) ^c
	3	38,840 ($\pm 0,307$) ^{bc}	9,608 ($\pm 0,113$) ^{fg}	13,313 ($\pm 0,225$) ^c
	4	37,642 ($\pm 0,365$) ^b	9,425 ($\pm 0,219$) ^f	13,033 ($\pm 0,259$) ^c
Meio amargo	1	28,168 ($\pm 0,255$) ^a	5,840 ($\pm 0,093$) ^b	5,422 ($\pm 0,098$) ^a
	2	28,845 ($\pm 0,189$) ^a	6,335 ($\pm 0,101$) ^{bcd}	5,868 ($\pm 0,096$) ^{ab}
	3	28,432 ($\pm 0,167$) ^a	6,168 ($\pm 0,104$) ^{bc}	5,823 ($\pm 0,276$) ^{ab}
	4	28,847 ($\pm 0,665$) ^a	6,757 ($\pm 0,340$) ^{cd}	6,620 ($\pm 0,407$) ^b
Branco	1	83,920 ($\pm 0,238$) ^g	-0,437 ($\pm 0,033$) ^a	24,362 ($\pm 0,305$) ^e
	2	63,460 ($\pm 0,708$) ^f	5,777 ($\pm 0,287$) ^b	18,538 ($\pm 0,635$) ^d
	3	56,143 ($\pm 0,989$) ^e	6,872 ($\pm 0,292$) ^d	17,693 ($\pm 0,369$) ^d
	4	52,000 ($\pm 0,246$) ^d	7,925 ($\pm 0,186$) ^e	18,553 ($\pm 0,173$) ^d
Sem lactose	1	28,243 ($\pm 0,417$) ^a	5,763 ($\pm 0,207$) ^b	5,023 ($\pm 0,305$) ^a
	2	28,230 ($\pm 0,433$) ^a	6,037 ($\pm 0,126$) ^b	5,443 ($\pm 0,332$) ^a
	3	27,775 ($\pm 0,364$) ^a	5,915 ($\pm 0,163$) ^b	5,227 ($\pm 0,333$) ^a
	4	28,180 ($\pm 0,262$) ^a	6,175 ($\pm 0,091$) ^{bc}	5,678 ($\pm 0,225$) ^a
P - Valor ANOVA		<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 95% de significância.

Analisando os resultados de luminosidade obtidos para os chocolates escuros (ao leite, meio amargo e sem lactose) verificou-se que estes demonstram médias com maior tendência ao preto, já que seus resultados se aproximaram mais do zero (corpo negro) que do cem (corpo branco). Por outro lado, o chocolate branco descreveu todos os resultados mais próximos do cem, portanto, com maior tendência ao branco.

As médias dos resultados de cromaticidade (a^*) apresentaram diferenças significativas somente para as formulações 1 e 4 dos chocolates ao leite e meio amargo, onde o parâmetro variou de 9,425 a 10,148 e de 5,840 a 6,757, respectivamente. Para as formulações do chocolate sem lactose não foram evidenciadas diferenças estatísticas entre si, com resultados entre 5,763 e 6,175. Em contrapartida, para o chocolate branco, a adição de farinha de Yacon promoveu aumento progressivo da cromaticidade (a^*) das amostras, as quais variaram de -0,437 a 7,925.

A avaliação da cromaticidade (b^*) informou que as amostras de chocolate ao leite e chocolate sem lactose não diferenciaram estatisticamente entre si, com resultados entre 13,033 e 13,840 e entre 5,023 e 5,678, respectivamente. Para as amostras de chocolate meio amargo, diferenciaram-se somente as formulações 1 e 4, descrevendo maiores valores de (b^*), com a adição de maiores quantidades de Yacon, e variação desta propriedade entre 5,422 e 6,620. Para as amostras de chocolate branco foi identificada uma diminuição desta propriedade colorimétrica, sendo que somente a formulação 1 foi estatisticamente diferente da demais.

De modo geral, com exceção da média do chocolate branco correspondente à cromaticidade (a^*) da formulação 1, a qual apresentou resultado negativo, todas as outras formulações apresentaram médias positivas para as cromaticidades (a^*) e (b^*), ou seja, apresentaram tendência ao vermelho e ao amarelo, respectivamente.

Silva (2007), em seu estudo sobre as características do Yacon e avaliação da sua adição em pães, relata que a identificação das cromaticidades (a^*) e (b^*) em suas regiões positivas é resultado de colorações amarronzadas nas amostras, com esta característica dos chocolates e seus derivados.

Nacano (2013), em sua avaliação de 5 diferentes marcas comerciais de chocolates, obteve resultados colorimétricos semelhantes. Para as marcas avaliadas de chocolate ao leite, foram obtidas as variações de 35,14 a 45,16, para luminosidade, 8,47 a 9,80, para cromaticidade (a^*), e 10,37 a 13,35, para

cromaticidade (b^*). Os chocolates meio amargo variaram entre 28,20 e 30,91, 5,55 e 7,11, e 7,05 e 9,79, para luminosidade e cromaticidades (a^*) e (b^*), nesta ordem.

Konar et al (2014) e Konar, Poyrazoglu e Artik (2015), ao adicionarem prebióticos em chocolates, verificaram que as adições de diferentes proporções destas substâncias não promoveram diferenças significativas nas propriedades de cor (luminosidade e cromaticidades) dos chocolates avaliados.

Bolenz et al (2006) verificou o aparecimento de colorações mais acastanhadas em amostras de chocolate ao leite adicionadas de 20% de inulina, as quais apresentaram menores valores de luminosidade, resultado semelhante ao obtido neste trabalho.

De acordo com Konar et al (2016), as influências decorrentes da adição de prebióticos nas propriedades colorimétricas dos chocolates dependem, de modo geral, da proporção em que esta substância é adicionada e dos ingredientes constituintes do chocolate.

5.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

A avaliação das amostras utilizando espectroscopia de infravermelho próximo foi realizada através da análise dos espectros coletados. Os espectros foram processados para ajuste de linha base e alisados por aplicação do algoritmo de Savitski-Golay, e estão apresentados na Figura 6.

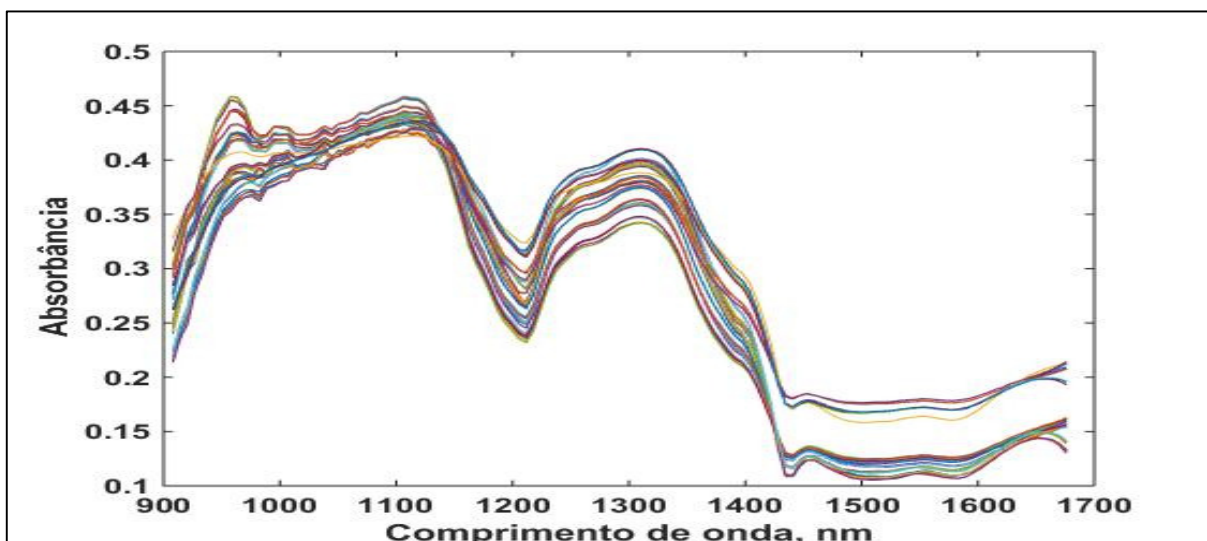


Figura 6: Espectros coletados de todas as amostras nas análises utilizando NIR.

Os espectros obtidos utilizando-se espectroscopia de infravermelho próximo foram submetidos à análise de componentes principais (PCA), com o intuito de se avaliar as diferenças e semelhanças entre as amostras de uma forma mais rápida.

As Figuras 7 e 8 ilustram a análise de componentes principais para as amostras de chocolate ao leite controle (1-4), enriquecidas com 8% de farinha de Yacon (5-8), enriquecidas com 16% de farinha de Yacon (9-12) e enriquecidas com 24% de farinha de Yacon (13-16).

A Figura 9 apresenta o gráfico das variáveis que influenciam na separação (loadings) das amostras de chocolate ao leite na região de 900 a 1700 nm.

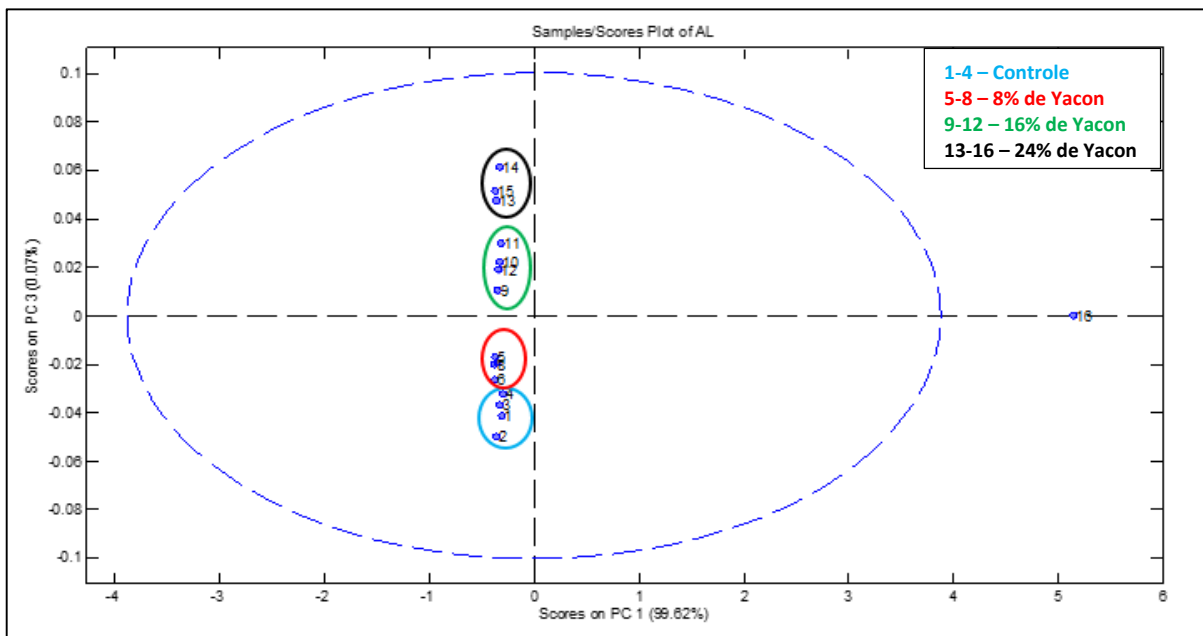


Figura 7: Análise de componentes principais (PC1 x PC3) das amostras de chocolate ao leite.

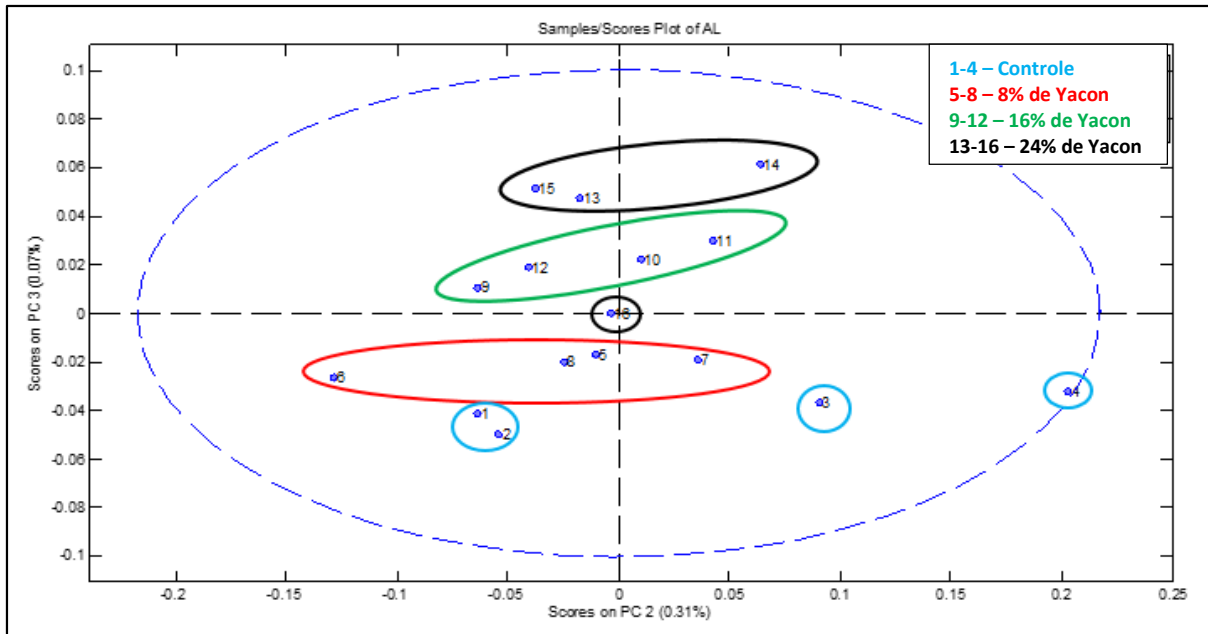


Figura 8: Análise de componentes principais (PC2 x PC3) das amostras de chocolate ao leite.

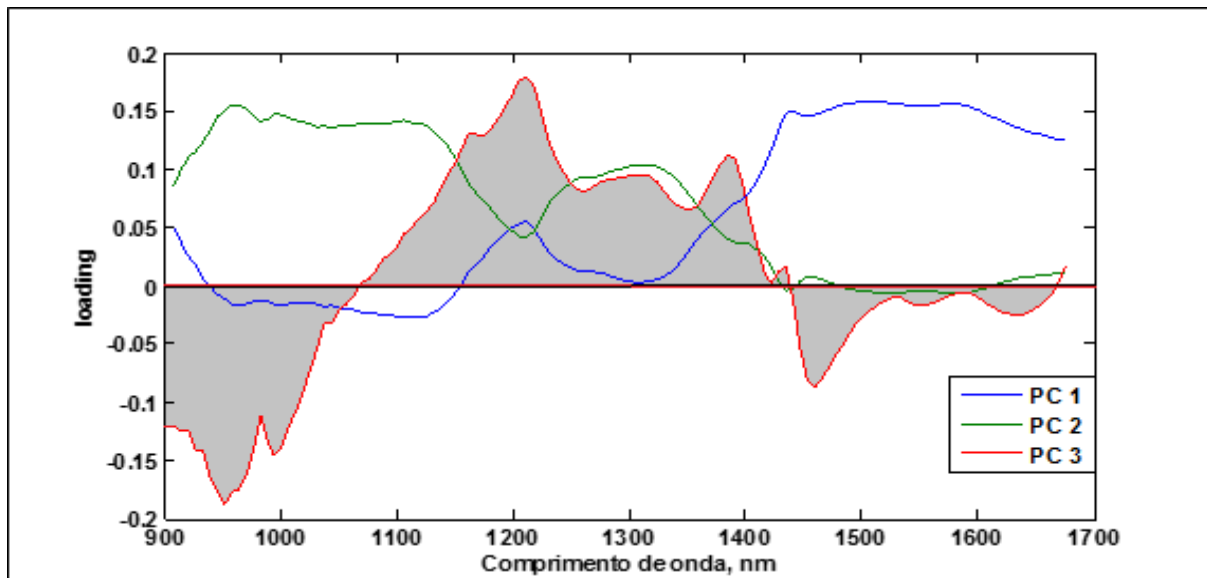


Figura 9: Gráfico de loadings para amostras de chocolate ao leite.

Ao se avaliar via PCA os resultados das amostras de chocolate ao leite apresentados nas Figuras 7 e 8, é possível relatar que a componente principal 3 (PC3) separou as amostras com menores ou nenhuma quantidade de farinha de Yacon das amostras com maiores quantidades de Yacon, visto que as amostras controle e enriquecidas com 8% de Yacon foram projetadas na região negativa do PC3, enquanto que as amostras enriquecidas com 16% e 24% se apresentaram na

região positiva. A componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) não apresentaram separação lógica.

Analisando o gráfico de loadings das amostras de chocolate ao leite, Figura 9, em relação a PC3, é possível observar que as amostras controle e enriquecidas com 8% de farinha de Yacon apresentam bandas de vibração nas regiões do comprimento de onda entre 900 e 1070 nm e entre 1440 e 1670 nm. No entanto, a região de 1070 a 1440 nm corresponde às formulações de chocolate enriquecidos com 16 e 24% de farinha de Yacon.

A Figura 10 apresenta os resultados da análise de componentes principais para as amostras de chocolate meio amargo controle (1-4), enriquecidas com 8% (5-8), 16% (9-12) e 24% (13-16) de farinha de Yacon. A Figura 11 representa o gráfico de loadings das amostras de chocolate meio amargo na região entre 900 e 1700 nm.

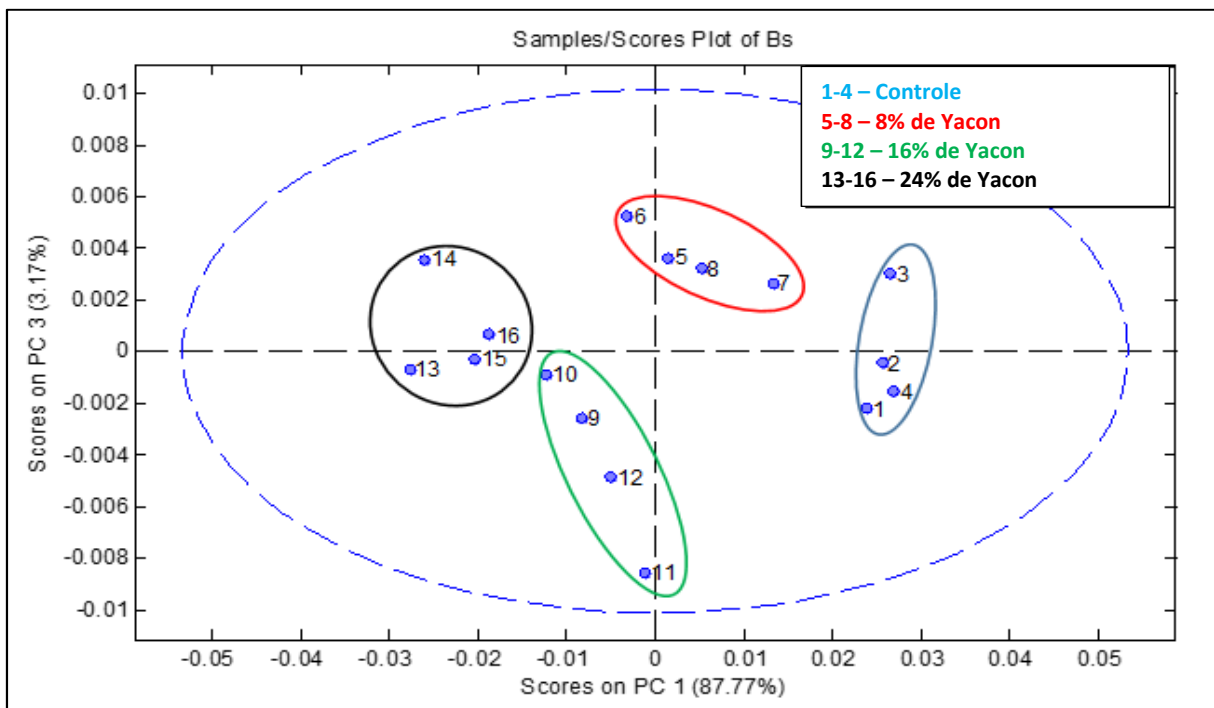


Figura 10: Análise de componentes principais (PC1 x PC3) das amostras de chocolate meio amargo.

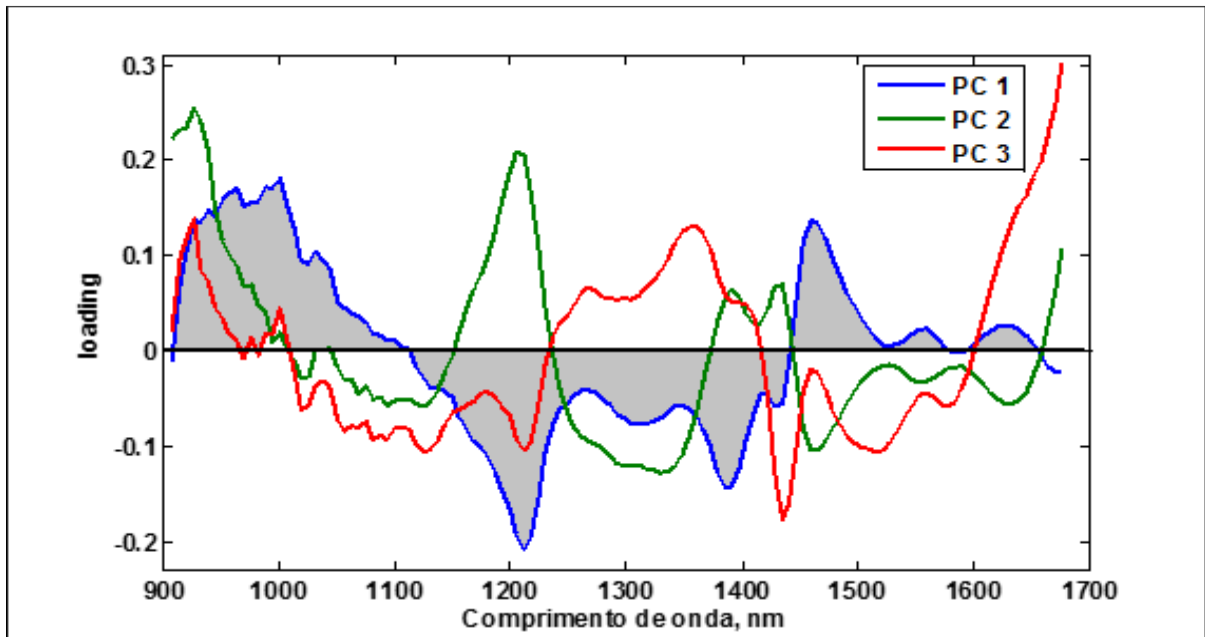


Figura 11: Gráfico de loadings para amostras de chocolate meio amargo.

A partir da avaliação da Figura 10, observa-se que a PC1 foi capaz de separar as formulações controle e com 8% de Yacon das formulações com 16% e 24% da farinha. Na região positiva da PC1 encontram-se as amostras da formulação 1 e a maioria das amostras da formulação 2, enquanto que as formulações 3 e 4 estão projetadas na região negativa. Analisando a PC3 é possível apontar que esta não foi capaz de separar as diferentes formulações de chocolate meio amargo de forma eficiente.

Observando o comportamento da PC1 na Figura 11, é possível identificar que as regiões de comprimento de onda entre 900 e 1100 nm e entre 1450 e 1650 nm compreendem as amostras controle e enriquecidas com 8% de farinha de Yacon, enquanto que, as amostras adicionadas de 16 e 24% de farinha de Yacon encontram-se na região de 1100 nm a 1450 nm.

A análise de componentes principais para o grupo do chocolate branco e suas respectivas formulações, controle, 8, 16 e 24% (1-4, 5-8, 9-12, 13-16, respectivamente), encontram-se ilustradas na Figura 12. A Figura 13 apresenta o gráfico de loadings para as amostras de chocolate branco na região de comprimento de onda entre 900 e 1700 nm.

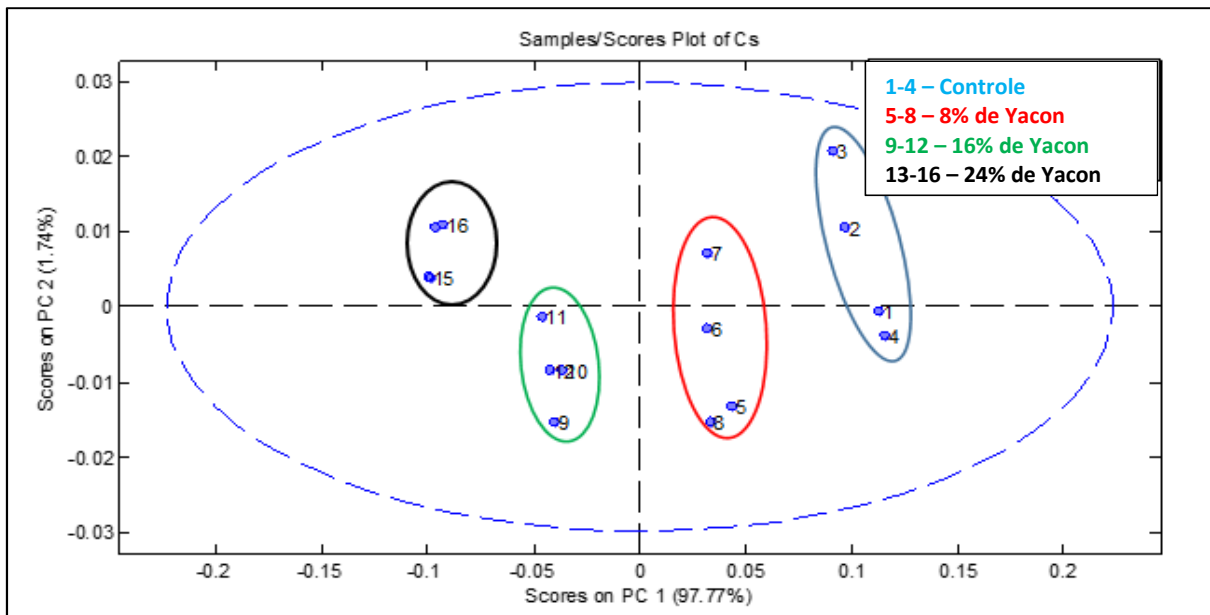


Figura 12: Análise de componentes principais (PC1 x PC2) das amostras de chocolate branco.

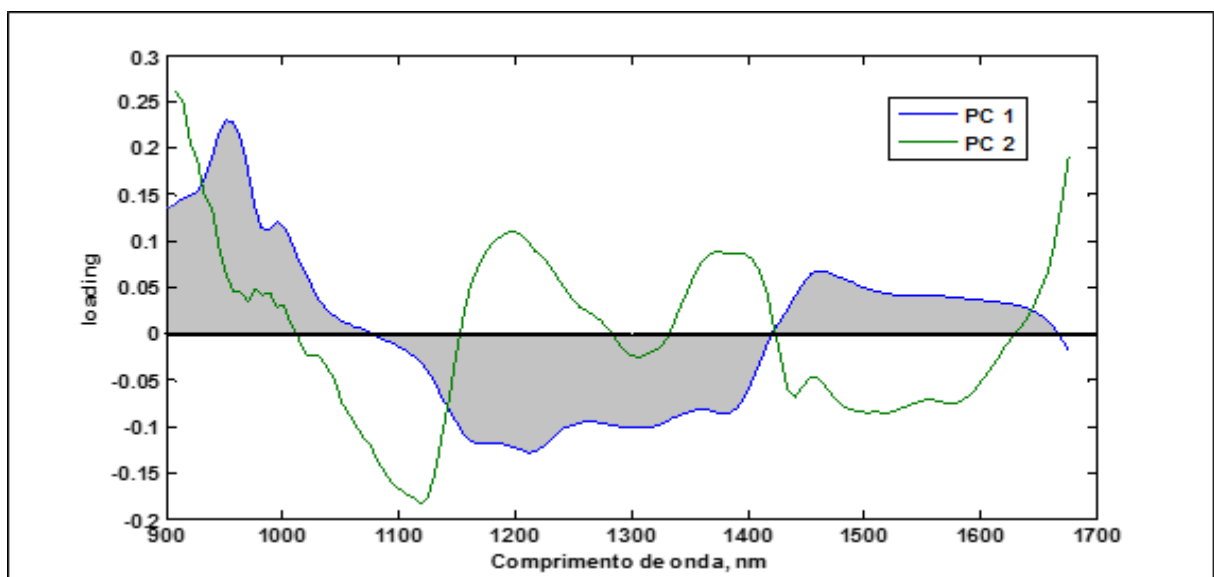


Figura 13: Gráfico de loadings para amostras de chocolate branco.

Analisando as componentes principais do chocolate branco, por intermédio da Figura 12, nota-se que, novamente, a PC1 foi eficaz na separação das formulações com as duas maiores proporções de farinha de Yacon em relação as demais, enquanto que a PC2 não apresentou separações informativas para este estudo.

Com relação a separação obtida, as amostras controle e enriquecidas com 8% de farinha de Yacon estão relacionadas à região positiva da PC1, enquanto que a região negativa engloba as amostras com proporções de 16 e 24% da farinha.

O gráfico de loadings do chocolate branco, Figura 13, informa que, em relação a PC 1, as amostras 1-4 e 5-8 estão compreendidas nas regiões de comprimento de onda entre 900 e 1080 nm e entre 1410 e 1700 nm, enquanto as amostras 9-12 e 13-16 são diferenciadas pelas vibrações na região de 1080 a 1410 nm.

A Figura 14 compreende os resultados da análise de componentes principais para as formulações de chocolate sem lactose, sendo que as amostras 1 a 4 são amostras controles, 5 a 8 são amostras enriquecidas com 8% de farinha de Yacon, 9 a 12 enriquecidas com 16% e 13 a 16 enriquecidas com 24% de farinha de Yacon. A Figura 15 apresenta o gráfico de loadings das formulações de chocolate sem lactose para a região entre 900 e 1700 nm.

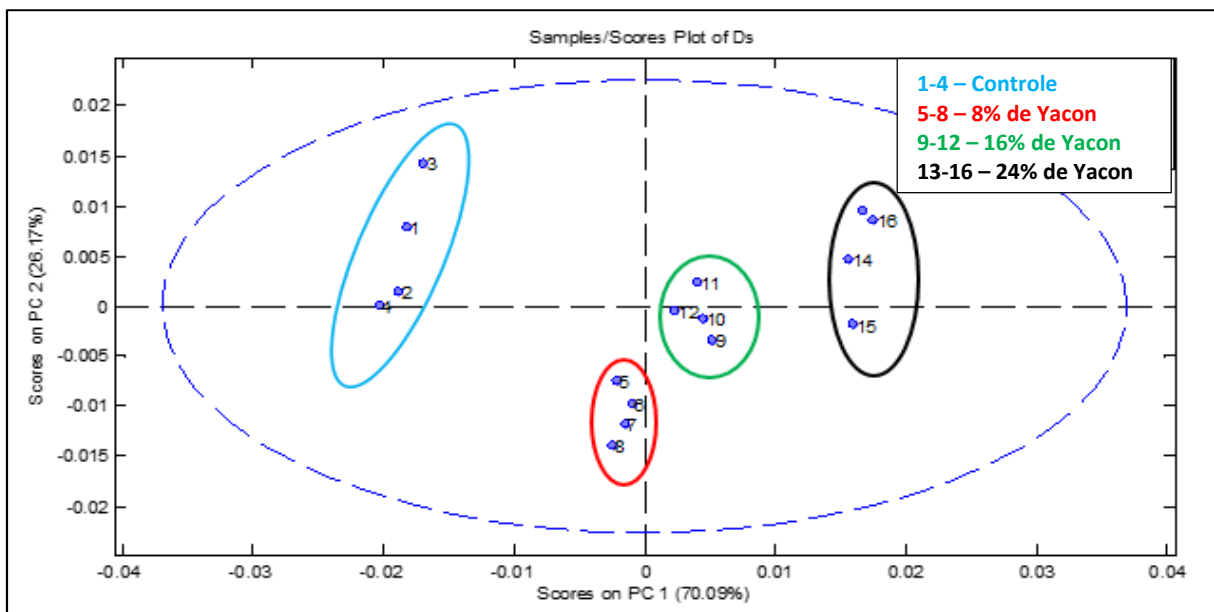


Figura 14: Análise de componentes principais (PC1 x PC2) das amostras de chocolate sem lactose.

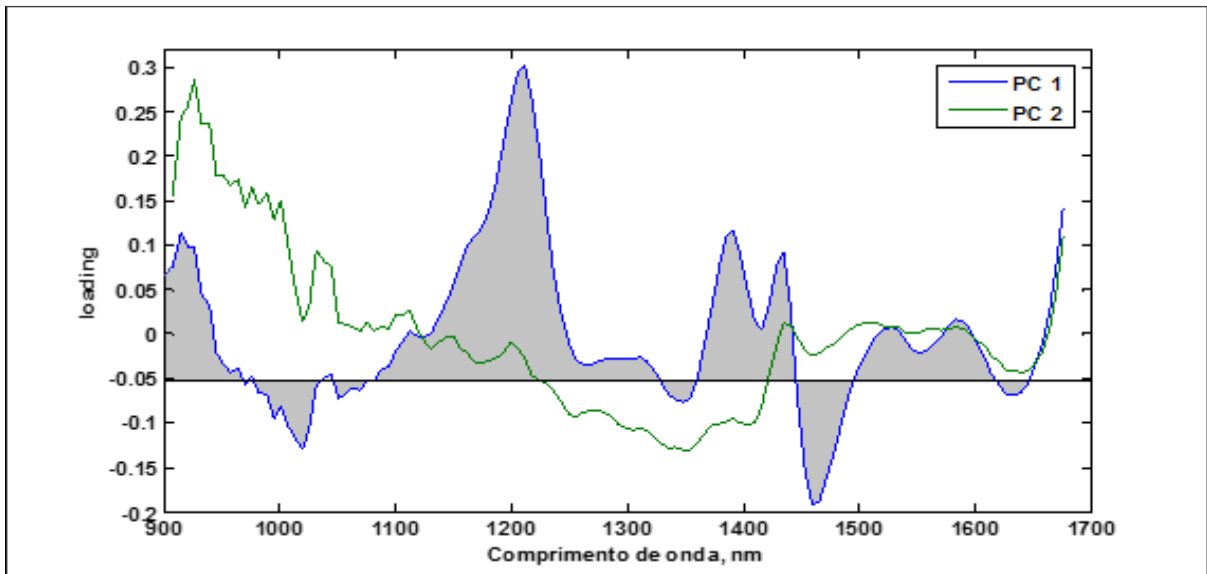


Figura 15: Gráfico de loadings para amostras de chocolate sem lactose.

Para o chocolate sem lactose, a análise de componentes principais possibilitou, novamente, a separação entre as amostras com maiores proporções de farinha de Yacon em relação ao controle e a de menor quantidade, em relação a PC1. Neste chocolate, a PC1 separou as amostras de 16 e 24% em sua região positiva e as amostras controle e 8% em sua região negativa. Para a PC2 não foram identificadas separações relevantes para este estudo.

Com auxílio do gráfico de loadings para o chocolate sem lactose, Figura 15, avaliando apenas a PC1, observa-se que as amostras 1-4 e 5-8 (com menores teores de Yacon) apresentam bandas de vibrações nas regiões de comprimento de onda de 960 a 1080 nm, 1330 a 1360 nm, 1450 a 1500 nm e 1630 e 1650 nm. Já as amostras com maiores teores de Yacon se diferenciaram das amostras com menores teores por apresentarem vibrações nas regiões de 900 a 960 nm, 1080 a 1330 nm, 1360 a 1450 nm e 1500 a 1630 nm.

Comparando todos os resultados obtidos para cada grupo de chocolate analisado, bem como suas respectivas formulações, nota-se que as amostras controle e enriquecidas com 8% de Yacon, de modo geral, encontram-se compreendidas na região entre aproximadamente 960 e 1070 nm e entre 1450 e 1650, enquanto que as amostras enriquecidas com 16% e 24% encontram-se, predominantemente, na região de 1070 a 1450 nm.

Sendo assim, por intermédio da Figura 16, é possível sugerir que as formulações com maiores quantidades de Yacon podem ser influenciadas por substâncias compostas por moléculas de ArCH, CH₃, CH₂, CH, ArOH, CONH₂, ROH e/ou água.

A Figura 16 apresenta as vibrações características de moléculas irradiadas no infravermelho próximo.

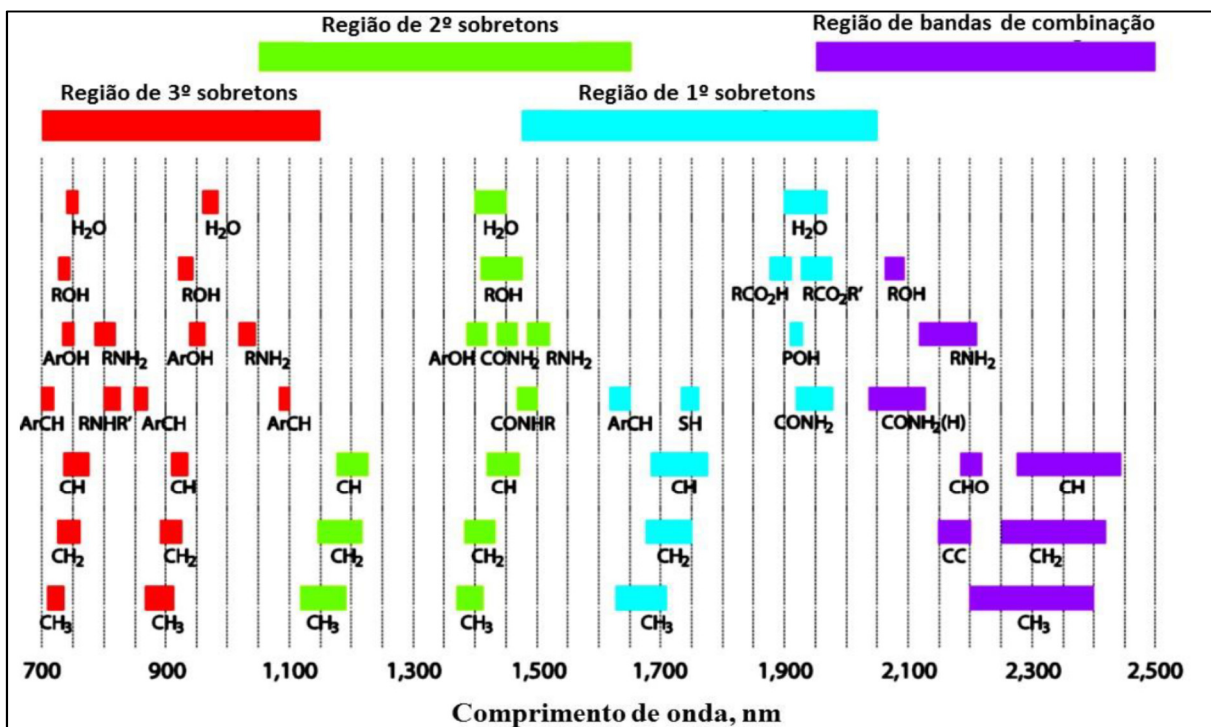


Figura 16: Principais bandas e posições relativas dos picos de absorções proeminentes do infravermelho próximo.

Fonte: figura adaptada de “METROHM: NIR Spectroscopy - A guide to near-infrared spectroscopic analysis of industrial manufacturing processes (2013).

A Figura 17 apresenta a análise de componentes principais para os 4 tipos de chocolates analisados, sendo que as amostras 1-4 correspondem ao chocolate ao leite, as amostras 5-8 referem-se ao chocolate meio amargo, as amostras 9-12 são de chocolate branco e o chocolate sem lactose é evidenciado pelas amostras 13-16.

A Figura 18 fornece o gráfico de loadings para os 4 tipos de chocolate (ao leite, meio amargo, branco, sem lactose) na região de comprimentos de onda entre 900 e 1700 nm.

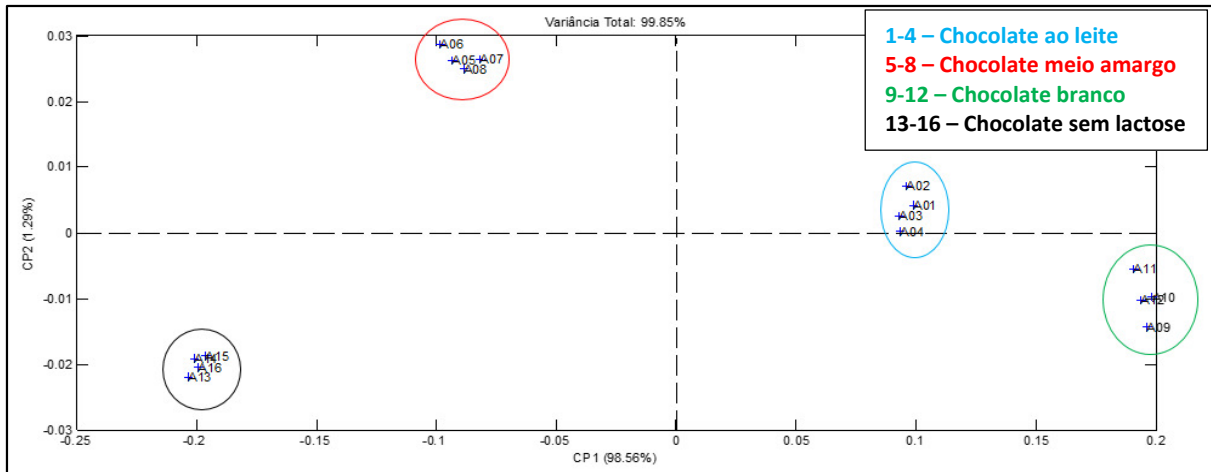


Figura 17: Análise de componentes principais (PC1 x PC2) para os 4 tipos de chocolates.

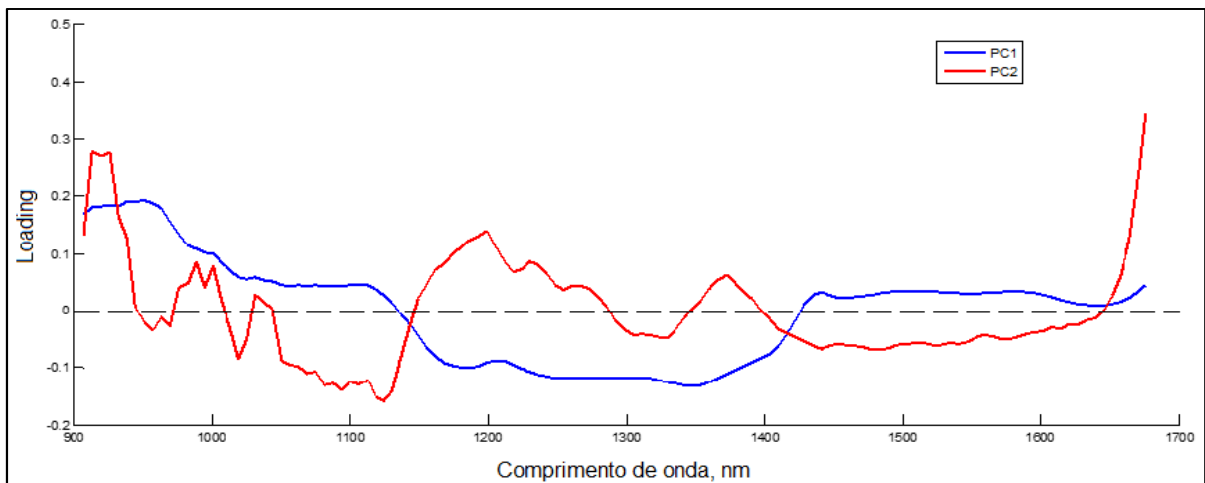


Figura 18: Gráfico de loadings para os 4 tipos de chocolates.

A análise de componentes principais foi capaz de promover a distinção entre os 4 tipos de chocolates estudados. Analisando a Figura 17, nota-se que a PC1 foi capaz de separar as amostras de chocolate ao leite e branco, em sua região positiva, das amostras de chocolate meio amargo e sem lactose, em sua região negativa. Por outro lado, a PC2 promoveu a separação dos chocolates meio amargo e ao leite, na região positiva, e dos chocolates branco e sem lactose, na região negativa.

O gráfico de loadings obtido, Figura 18, mostra que em PC1 as amostras de chocolate ao leite e branco apresentam vibrações nos comprimentos de onda de 900 a 1140 nm e de 1430 a 1700 nm, enquanto que as amostras de chocolate meio

amargo e sem lactose apresentam vibrações entre os comprimentos de onda de 1140 a 1430 nm. Com relação à PC2, as amostras de chocolate ao leite e meio amargo descrevem vibrações características nos comprimentos de onda de 900 a 950 nm, 975 a 1010 nm, 1040 a 1050 nm, 1150 a 1290 nm, 1350 a 1400 nm e 1650 a 1700 nm, enquanto que os chocolates branco e sem lactose apresentam bandas no intervalo de 950 a 975 nm, 1010 a 1040 nm, 1050 a 1150 nm, 1290 a 1350 nm e 1400 a 1650 nm.

A distinção dos chocolates ao leite e branco em relação aos chocolates meio amargo e sem lactose era esperada. A separação destes ocorreu, possivelmente, pela semelhança entre as formulações dos chocolates ao leite e branco, os quais apresentam uma maior proporção de sólidos oriundos do leite, enquanto que os chocolates meio amargo e sem lactose apresentam grandes quantidades de sólidos provenientes do cacau sendo, portanto, semelhantes também.

De modo geral, foi possível determinar que a metodologia de análise utilizando o infravermelho próximo é eficiente na diferenciação de amostras enriquecidas com farinha de Yacon. Embora a variação da proporção de farinha adicionada ao chocolate, nas diferentes formulações, tenha sido pequena, o método NIR foi capaz de identificar e, conseqüentemente, distinguir amostras com maiores teores de Yacon (enriquecidas com 16% e 24%) de amostras com menores teores (enriquecidas com 8%) e amostras não adicionadas da farinha.

A análise no infravermelho próximo também foi apropriada para a diferenciação dos grupos de chocolate, visto que promoveu uma separação eficiente das amostras de cada tipo, inclusive, separando cada conjunto de amostras, de cada chocolate, em um quadrante distinto do gráfico de análise das componentes principais (Figura 17).

Teye et al (2015), ao estudar as características de grãos de cacau utilizando NIRS e quimiometria, descreveu que o método foi útil para determinar diversos parâmetros como, por exemplo, estimar o pH e a fermentação dos grãos e indicar possível adulterações presentes nestes.

Filho (2009) explicita que a tecnologia de análise utilizando infravermelho próximo é eficiente para avaliar e controlar o teor de sacarose presente nas massas de chocolate, podendo ser empregada como ferramenta analítica no controle de qualidade das fábricas de chocolate.

Moros et al (2007) descreve que a metodologia utilizando infravermelho próximo como técnica de análise é capaz de estimar propriedades nutricionais presentes nos chocolates, sendo eficiente para avaliações em matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados dentro de uma indústria alimentícia.

Portanto, os resultados obtidos demonstram que a metodologia realizada através do infravermelho próximo é bastante eficiente para distinção de determinadas características, no caso, eficiente para distinguir o tipo de chocolate e a proporção de Yacon. Sendo assim, utilizando-se esta técnica, associada à métodos quimiométricos, seria possível propor modelos matemáticos capazes de identificar a quantidade de Yacon presente em um produto e, conseqüentemente, apontar prováveis fraudes que possam ser detectadas.

5.4 TEOR DE FIBRAS PARA ALEGAÇÃO DE FUNCIONALIDADE

A Tabela 6 informa o teor aproximado de fibras (inulina e frutooligossacarídeos), oriundas exclusivamente da farinha de Yacon, presente na porção de cada formulação testada de chocolates controle e enriquecidos.

Tabela 6: Quantidade estimada de fibras providas da farinha de Yacon presentes na porção (25g) das formulações testadas.

Chocolate	Formulações			
	1	2	3	4
Ao leite	0 g	1 g	2 g	3 g
Meio amargo	0 g	1 g	2 g	3 g
Branco	0 g	1 g	2 g	3 g
Sem Lactose	0 g	1 g	2 g	3 g

De acordo com a Tabela 6, as formulações 1 (controles), por não terem sido enriquecidas com farinha de Yacon, não apresentam teores de fibra em suas respectivas porções. Para as formulações 2 (enriquecidas com 8%), a adição de farinha de Yacon culminou com a presença de 1 grama de fibra na porção dos chocolates. As formulações 3 (enriquecidas com 16%) foram compostas de 2

gramas de fibras em suas porções, enquanto que as formulações 4 (enriquecidas com 24%) resultaram na presença de 3 gramas de fibras em suas porções.

Portanto, dentre as formulações testadas, somente a formulação 4, por ser formulada com teores acima de 2,5 gramas de fibras, poderia ser classificada como detentora de propriedades funcionais e, conseqüentemente, apresenta potencial para ser denominada como um alimento funcional.

Contudo, dentre os chocolates analisados, baseando-se na tabela nutricional fornecida na embalagem do produto, é verificado que a formulação original dos chocolates meio amargo e sem lactose fornecem 2 gramas de fibras na porção, enquanto que para o ao leite e branco não são identificados teores de fibras na porção recomendada.

Assim sendo, a Tabela 7 informa os teores estimados de fibras totais (relacionado a quantidade original de fibras presente nos chocolates e a quantidade de fibras adquiridas com os respectivos enriquecimentos) presentes na porção das formulações controle e enriquecidas com farinha de Yacon.

Tabela 7: Quantidade estimada de fibras totais presentes na porção (25g) das formulações testadas.

Chocolate	Formulações			
	1	2	3	4
Ao leite	0 g	1 g	2 g	3 g
Meio amargo	2 g	3 g	4 g	5 g
Branco	0 g	1 g	2 g	3 g
Sem Lactose	2 g	3 g	4 g	5 g

De acordo com a Tabela 7, é possível determinar que as formulações 2, 3 e 4 dos chocolates meio amargo e sem lactose apresentam quantidades de fibra, na porção, acima dos 2,5 gramas preconizados pela legislação para a classificação do alimento como possuidor de propriedades funcionais e, portanto, descrevem potencial para serem reconhecidos como alimentos funcionais. Sendo assim, essas formulações são capazes de serem descritas como alimentos compostos de substâncias capazes de conferir benefícios ao organismo, principalmente auxiliando no bom funcionamento gastrointestinal.

Para os chocolates ao leite e branco, por não apresentarem tores de fibras na porção, em sua formulação original, somente a formulação 4, contendo 24% de farinha de Yacon, teria a possibilidade de ser reconhecida como um alimento funcional por descrever 3 gramas de fibras na porção.

6 CONCLUSÃO

A adição de farinha de Yacon em matrizes de diferentes chocolates (ao leite, meio amargo, branco e sem lactose), resultou em diferenças significativas entre as formulações em algumas propriedades de textura, principalmente com relação a dureza das amostras, visto que neste parâmetro os resultados obtidos foram bastante heterogêneos. Para as propriedades de mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência também foram verificadas algumas diferenças estatísticas, entre as amostras, com a adição e aumento da proporção de Yacon. Em contrapartida, para as propriedades de fraturabilidade, adesividade e espalhabilidade a adição da farinha de Yacon não desencadeou em alterações estatísticas significativas.

Para os atributos de cor dos chocolates, a adição de farinha de Yacon promoveu poucas alterações significativas entre as formulações, as quais, quando presentes, ocorreram somente entre as amostras controle e enriquecidas com 24%. As notáveis variações obtidas na coloração do chocolate branco foram decorrentes da cor predominantemente marrom da farinha utilizada.

Embora seja uma tecnologia ainda pouco utilizada na indústria alimentícia, a análise dos produtos através de infravermelho próximo apresenta grande potencial, pois é uma técnica rápida, não invasiva, não destrutiva e não requer preparos nas amostras, além de ser eficiente na identificação de substâncias e na distinção de formulações.

Apesar da adição de farinha de Yacon ter interferido em algumas propriedades de textura e cor, o enriquecimento dos chocolates com quantidades suficientes para classificar o produto como detentor de propriedades funcionais é interessante devido aos benefícios agregados ao alimento, principalmente auxiliando no bom funcionamento gastrointestinal dos consumidores.

Com relação ao chocolate sem lactose, o enriquecimento deste com fibras confere ao produto vantagens ainda melhores, pois além do alimento ser apropriado ao consumo de pessoas com dietas restritas (intolerantes a lactose), também agrega benefícios funcionais a este.

A aplicação de espectroscopia na região do infravermelho próximo associada a métodos quimiométricos se mostra como uma metodologia eficiente e rápida na

detecção e diferenciação de teores de Yacon, o que poderia ser potencial para determinação de fraudes nestas formulações.

REFERÊNCIAS

ABIA, Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. **5 benefícios do chocolate para o cérebro.** 2015. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=19>. Acesso em 7 de maio de 2016.

ABICAB, Associação Brasileira da Indústria de chocolates, cacau, amendoim, balas e derivados. **Balanço Anual.** 2016a. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/setor-de-chocolate-registra-queda/>>. Acesso em 7 de maio de 2016.

ABICAB, Associação Brasileira da Indústria de chocolates, cacau, amendoim, balas e derivados. **O potencial de mercado para o chocolate.** 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/file/camaras_setoriais/Cacau/30RO/App_Potencial_30RO_Cacau.pdf>. Acesso em 7 de maio de 2016.

ABICAB, Associação Brasileira da Indústria de chocolates, cacau, amendoim, balas e derivados. **Pesquisas e estatísticas.** 2016b. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/estatisticas/>>. Acesso em 7 de maio de 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694.** Rio de Janeiro, 1992.

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

AFOAKWA, E. O. **Chocolate Science and technology.** Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2010.

AFOAKWA, E. O. et al. Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. **Euro Food Research Technology**, v. 226, n. 6, p. 751-757, 2007.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; RYAN, A. Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 9, p. 840-857, 2008.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J. Fat bloom development and structure-appearance relationships during storage of under-tempered dark chocolates. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 4, p. 571-581, 2009.

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 126, p. 35-42, 2014.

AIDOO, R. P., AFAOKWA, E. O., & DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **LWT e Food Science and Technology**, v. 62, p. 592-597, 2015.

ALBRECHT, R. A.; JOFRE, R.; GROS, R.; PETIT, J. L.; TERROM, G.; PÉRISOL, C. Efficiency of near-infrared reflectance spectroscopy to assess and predict the stage of transformation of organic matter in the composting process. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 448-455, 2007.

ANDRAE-NIGHTINGALE, L. M.; LEE, S.; ENGESETH, N. J. Textural changes in chocolate characterized by instrumental and sensory techniques. **Journal of Texture Studies**, v. 40, p. 427-444, 2009.

ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUCHUJA, K.; KANO, I.; HORI, T.; OHYAMA, M.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuations of oligofructan contents in tuber of Yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Society of soil Science Plant Nutrition**, v. 62, p. 621-627, 1991.

AYBAR, M.J.; RIERA, A. N. S.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. S. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacol**, v. 74, n. 2, p. 33-37, 2001.

BECKETT, S. T. **Fabricación y utilización industrial del chocolate**. 1^a ed. Zaragoza: Acribia, 1988.

BECKETT, S. T. **Fabricación y utilización industrial del chocolate**. Zaragoza: Acribia, 1994.a

BECKETT, S. T. **Industrial Chocolate Manufacture and Use**. 2^a ed. London: Chapman e Hall, 1994.b

BECKETT, S. T. **The science of chocolate**. 2 ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry Paperbacks, 2009. 240 p.

BEEBE, K. R.; PELL, R. J.; SESASHOLTZ, M. B. **Chemometrics: a practical guide**. New York: Wiley, 1998. 348p.

BIELECKA, M. et al. Effect of non-digestible oligosaccharides on gut microecosystem in rats. **Food Research International**, v. 35, p. 139–144, 2002.

BOLENZ, S.; AMTSBERG, K.; SCHAPE, R. The broader usage of sugars and fillers in milk chocolate made possible by the new EC cocoa directive. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 45-55, 2006.

BORIN, V. **Aplicação de quimiometria e espectroscopia no infravermelho no controle de qualidade de lubrificantes**. 2003. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campina. Campinas, São Paulo, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação. Resolução RDC nº 264, de 22 de setembro de 2005. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de chocolate e chocolate branco. **Diário Oficial da União**, Brasília. 23 set. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico de Porções de Alimentos para Fins de Rotulagem Nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília. 26 de dez. 2003.

BRIGGS, J. L.; WANG, T. Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 81, n. 2, 2004.

BURNS, D. A.; CIURCZAK, E. W. **Handbook of near-infrared analysis**. 3ª ed. Boca Raton: CRC, 2008.

CALVO, C.; SALVADOR, A. Use of natural colorants in food gels. Influence of composition of gels on their colour and study of their stability during storage. **Food Hydrocolloids**, v.14, n.5, p.439-443, 2000.

CALVO, C.; DURÁN, L. **Propiedades Físicas II – Ópticas y color**. México, Ed: José Miguel Aguilera, v. 1, 1997.

CAMU, N.; WINTER, T.; ADDO, S. K.; TAKRAMA, J. S.; BERNAERT, H. VUYST, L. Fermentation of cocoa beans: Influence of microbial activities and polyphenol concentration on the flavour of chocolate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n.13, p. 2288-2297, 2008.

CASTRO, F. P.; CUNHA, T. M.; BARRETO, P. L. M.; CAMBONI, R. D.; PRUDÊNCIO, E. Effect of oligofructose incorporation on the properties of fermented probiotic lactic beverages. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, p. 68-74, 2009.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. **Journal of Food Engineering**, v. 119, p. 497-507, 2013.

CLERCQ, N.; MOENS, K.; DEPYPERE, F.; AYALA, J. V.; CALLIAUW, G.; GREYT, W.; DEWETTINCK. Influence of cocoa butter refining on the quality of milk chocolate. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 412-419, 2012.

COUSSEMENT, P. A. A. Inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1412–1417, 1999.

DAHLENBORG, H.; MILLQVIST-FUREBY, A.; BERGENSTAHL, B. Effect of particle size in chocolate shell on oil migration and fat bloom development. **Journal of Food Engineering**, v. 146, p. 172-181, 2015.

DAM, R. M. V.; NAIDOO, N.; LANDBERG, R. Dietary flavonoids and the development of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: review of recent findings. **Current Opinion in Lipidology**, v. 24, p. 25-33, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**, 4 ed. Artmed, 2010.

DEBASTE, F.; KEGELAERS, Y.; LIEGEOIS, S.; AMOR, H. B.; HALLOIN, V. Contribution to the modelling of chocolate tempering process. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 568-575, 2008.

DELGADO, G. T. C.; TAMASHIRO, W.; MAROSTICA, M. R.; PASTORE, G. M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): a functional food. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 68, n. 3, p. 222-228, 2013.

DO, T. A. L.; VIEIRA, J.; HARGREAVES, J. M.; MITCHELL, J. R.; WOLF, B. Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, p. 1207-1211, 2011.

DZIKI, D.; GAWLIK-DZIKI, U.; PECIO, L.; ROZYLO, R.; SWIECA, M.; KRZYKOWSKI, A.; RUDY, S. Ground green coffee beans as a functional food supplement – Preliminary study. **LWT – Food Science and Technology**, v. 63, p. 691-699, 2015.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols – a review. **Trends in Food Science e Technology**, v. 21, p. 510-523, 2010.

FERNANDES, V. A.; MULLER, A. J.; SANDOVAL, A. J. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with diferente compositions. **Journal of Food Engineering**, v. 116, p. 97-108, 2013.

FERNÁNDEZ-MURGA, L.; TARÍN, J. J.; GARCÍA-PEREZ, M. A.; CANO, A. The impacto of chocolate on cardiovascular health. **Maturitas**, v. 69, p. 312-321, 2011.

FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, 2000. 127 p.

FILHO, P. A. C. **Estudo comparativo de técnicas de inteligência artificial e modelos lineares em determinações quantitativas no infravermelho próximo**. Tese (doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

FILHO, P. A. C. Rapid determination of sucrose in chocolate mass using near infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 631, p. 206-211, 2009.

FRAUENDORFER, F.; SCHIEBERLE, P. Identification of the key aroma compounds in cocoa poder based on molecular sensory correlations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 5521-5529, 2006.

FUNKE, K. **Breve história do Chocolate**. Revista Eletronica Galileu. 2009. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI130808-17770,00-BREVE+HISTORIA+DO+CHOCOLATE.html>>. Acesso em: 05 de maio de 2016.

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. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, 17, 259–275, 2004.

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

GLICERINA, V.; BALESTRA, F.; ROSA, M. D.; ROMANI, S. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. **Journal of Food Engineering**, v. 169, p. 165-171, 2016.

GOZZO, A. M. **Comportamento reológico de chocolates ao leite sem fibras e enriquecido com fibras solúveis**. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

GUIGOZ, Y.; ROCHAT, F.; PERRIUSSEAU-CARRIER, G.; ROCHAT, J.; SCHIFFRIN, E.J. Effects of oligosaccharides on the faecal flora and non-specific immune system in elderly people. **Nutrition of Research**, v. 22, p. 13-25, 2002.

GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 912-919, maio. 2015.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

HERRERA, M. L.; HARTEL, R. W. Effect of processing conditions on the crystallization kinetics of milk fat model systems. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 77, p. 1177-1187, 2000.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed./ 1ª ed. Digital. São Paulo, 2008. 1020p.

JARDIM, D. C. P.; ORSE, A. G.; EFRAIM, P.; MOURA, S. C. S. R. Kinetic of White chocolate color loss. **Procedia Food Science**, p. 1026-1030, 2011.

JENSEN, H. R. **The Chemistry, Flavouring and Manufacture of Chocolate Confectionary and Cocoa**. J & A. London, 1931.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological Technologies to the textural characterisation of semi-solid foods. **Food Research International**, v. 39, p. 265-276, 2006.

KONAR, N.; OZHAN, B.; ARTIK, N.; DALABASMAZ, S.; POYRAZOGLU, E. S. Rheological and physical properties of inulin-containing milk chocolate prepared at different process conditions. **CyTA Journal of Food**, v. 12, n.1, p. 55-64, 2014.a

KONAR, N.; OZHAN, B.; ARTIK, N.; POYRAZOGLU, E. S. Using polydextrose as a prebiotic substance in milk chocolate-effects of process parameters on physical and rheological properties. **CyTA Journal of Food**, v. 12, n.2, p. 150-159, 2014.b

KONAR, N.; POYRAZOGLU, E. S.; ARTIK, N. Influence of calcium fortification on physical and rheological properties of non-sucrose prebiotic milk chocolates containing inulin and maltitol. **Journal of Food Science Technology**, v. 52, n.4, p. 2033-2042, 2015.

KONAR, N.; TOKER, O. S.; OBA, S.; SAGDIC, O. Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. **Trends in Food Science e Technology**, v. 49, p. 35-44, 2016.

KONOPACKA, D.; PLOCHARSKI, W. J. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 2, p. 205-211, 2004.

LAGUNA, L.; PRIMO-MARTÍN, C.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; SANZ, T. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. **LWT – Food Science and Technology**, v. 56, p. 494-501, 2014.

LEONE, R. S. **Estudo do processo de incorporação de Lactobacillus casei LC-01 em Yacon (Smallanthus sonchifolius) desidratado em flocos**. 2014. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LIANG, B.; HARTEL, R. W. Effects of milk powders in milk chocolate. **Journal Dairy Science**, v. 87, p. 20-31, 2004.

LIMA, D. M. A. G. **Comportamento Termo-mecânico do Compound (chocolate composto)**. Tese (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

LONCHAMPT, P.; HARTEL, R. W. Fat bloom in chocolate and compound coatings. **European Journal Lipid Science Technology**, v. 106, n. 4, p. 241-274, 2004.

MARTIN, R. J. JR. Chocolate. **Advances of Food Research**, v. 31, p. 211-342, 1987.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S. M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, p. 729-736, 2011.

MAZUR, L. **Aplicação de metodologia por NIR para determinação de metilxantinas presentes na erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

McCLEMENTS, D. J. **Understanding and Controlling the Microstructure of Complex Foods**. Woodhead Publishing. Cambridge, 2007.

METROHM NIRSystems. **NIR Spectroscopy - A guide to near-infrared spectroscopic analysis of industrial manufacturing processes**. 2013. Disponível em: http://www.mep.net.au/wpmp/wp-content/uploads/2013/05/MEP_Monograph_NIRS_81085026EN.pdf. Acesso em 1 de junho de 2016.

MEYER, D.; BAYARRI, S.; TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1881-1890, 2011.

MINIFIE, B. W. **Chocolate, Cocoa and Confectionery**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

MINIFIE, B. W. **Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology**. 1ª ed. London: Longman Group Ltd, 1970.

MINIM, V. P. R.; CECCHI, H. M.; MINIM, L. A. Determinação de substitutos da manteiga de cacau em ovos de páscoa através da análise de triacilgliceróis. **Alimentos e Nutrição**, v. 10, n. 1, p. 55-68, 1999.

MIQUEL, M. E.; CARLI, S.; COUZENS, P. J.; WILLE, H. J.; HALL, L. D. Kinetics of the migration of lipids in composite chocolate measured by magnetic resonance imaging. **Food Research International**, v. 34, n. 9, p. 773-781, 2001.

MOROS, J.; IÑON, F. A.; GARRIGUES, S.; GUARDIA, M. Near-infrared diffused reflectance spectroscopy and neural networks for measuring nutritional parameters in chocolate samples. **Analytica Chimica Acta**, v. 584, p. 215-222, 2007.

MOURA, N. A.; CAETANO, B. F. R.; SIVIEN, K.; URBANO, L. H.; CABELLO, C.; RODRIGUES, M. A. M. Protective effects of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 2902-2910, 2012.

NACANO, E. T. **Avaliação do comportamento reológico e colorimétrico de chocolates**. 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1402S–1406S, 1999.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, n. 3, jul-set. 2010.

PADILLA, F. C.; LIENDO, R.; QUINTANA, A. Characterization of cocoa butter extracted from hybrid cultivars of *Theobroma cacao*. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 50, p. 200-205, 2000.

PASEEPHOL, T.; SMALL, D. M.; SHERKAT, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, v. 39, p. 617-634, 2008.

PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications, **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar – análise das estratégias da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia e Política**, Curitiba, v. 16, n. 31, p.85-100, novembro. 2008.

REZENDE, N. V.; BENASSI, M. T.; VISSOTTO, F. Z.; AUGUSTO, P. P. C.; GROSSMAN, M. V. E. Mixture design applied for the partial replacement of fat with fiber in sucrose-free chocolates. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, p. 598-604, 2015.

RICHTER, M.; LANNES, S. C. S. Bombom para dietas especiais: avaliação química e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 193-200, 2007.

ROBERFROID, M. B. Caloric value of inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1436S-1437S, 1999.

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

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, v. 34, n. 2, p. S105–S110, 2002.

ROBERFROID, M.; SLAVIN, J. Nondigestible oligosaccharides. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, p. 461–480, 2000.

ROCHA, C. M. **Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciencia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciencia de Alimentos do Instituto de Biociencias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2011.

SALDAÑA, E.; SICHE, R.; CASTRO, W. HUAMAN, R.; QUEVEDO, R. Measurement parameter of color on Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices using a computer vision system. **LWT – Food Science and Technology**, v. 59, p. 1220-1226, 2014.

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.

SCHANTZ, B.; ROHM, H. Influence of lecithin–PGPR blends on the rheological properties of chocolate. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, p. 41-45, 2005.

SCHOLZ-AHRENS, K. E.; ADOLPHI, B.; ROCHAT, F.; BARCLAY, D. V.; VRESE, M.; AÇIL, Y.; SCHREZENMEIR, J. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on mineral metabolism in ovariectomized rats – impact of bacterial mass, intestinal absorptive area and reduction of bone turn-over. **NSF Journal**, v. 3, p. 41-50, 2016.

SERRA-BARCELONA, C.; ARAOZ, M. V. C.; CABRERA, W. M.; HABIB, N. C.; HONORÉ, S. M.; CATALÁN, C. A. N. *Smallanthus macroscyphus*: a new source of antidiabetic compound. **Chemico-biological Interactions**, v. 209, p. 35-47, 2014.

SHI, Q.; ZHENG, Y.; ZHAO, Y. Thermal transition and state diagram of Yacon dried by combined heat pump and microwave method. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 119, p. 727-735, 2015.

SHIN, G. H.; KIM, J. T.; PARK, H. J. Recent developments in nanoformulations of lipophilic functional foods. **Trends in Food Science e Technology**, v. 46, p. 144-157, 2015.

SHOURIDEH, M.; TASLIMI, A.; AZIZI, M. H.; MOHAMMADIFAR, M. A. Effects of Dtagatose and inulin of some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. **International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics**, v. 2, n.5, p. 314-319, 2012.

SILVA, A. S. S. **A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifollius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial**. Tese (doutorado) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2007.

SILVA, B. V.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. **Trends in Food Science e Technology**, v. 50, p. 144-158, 2016.

SILVERIA, E. O.; NETO, J. H. L.; SILVA, L. A.; RAPOSO, A. E. S.; MAGNANI, M.; CARDARELLI, H. R. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, p. 445-451, 2015.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. **Princípios de análise Instrumental**. 5ª Ed., São Paulo, 2002.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª Ed. Editora Thomson, São Paulo, 2006.

SLAVIN, J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. **Nutrients**, v. 4, p. 1417-1435, 2013.

SMITH, K. W.; CAIN, F. W.; TALBOT, G. Effect of nul oil migration on polymorphic transformation in a model system. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 656-663, 2007.

SOKMEN, A.; GUNES, G. Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, p. 1053-1058, 2006.

SOUZA, E. R. **Determinação de parâmetros de qualidade de gasolina e estudo de contaminantes utilizando espectros do infravermelho próximo na fase vapor**. Tese (doutorado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2005.

SOUSA, S.; PINTO, J.; RODRIGUES, C.; GIÃO, M.; PEREIRA, C.; TAVARIA, F. Antioxidant properties of sterilized Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour. **Food Chemistry**, v. 188, p. 504-509, 2015.

SRISUVOR, N.; CHINPRAHAST, N.; PRAKITCHAIWATTANA, C.; SUBHIMAROS, S. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of lowfat set yoghurt with probiotic-cultured banana puree. **LWT Food Science and Technology**, v. 51, p. 30-36, 2013.

STORTZ, T. A.; MARANGONI, A. Ethylcellulose solvent substitution method of preparing heat resistant chocolate. **Food Research International**, v. 51, p. 797-803, 2013.

SUMIYANTO, J.; DAYAN, F. E.; CERDEIRA, A. L.; WANG, Y.; KHAN, I. A.; MORAES, R. M. Oligofructans content and yield of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) cultivated in Mississippi. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 83-88, 2012.

SUTER, A. **The effect of galactooligosaccharide addition to a chocolate system.** Thesis. US: The Ohio State University, 2010.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of texture characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 28, p. 385-389, 1963.

SZCZESNIAK, A. S. Review paper: Correlating sensory with instrumental texture measurements – An overview of recente developments. **Journal Texture Studies**, v. 18, p. 1-15, 1987.

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

TEYE, E.; HUANG, X.; SAM-AMOAHA, L. K.; TAKRAMA, J.; BOISON, D.; BOTCHWAY, F.; KUMBI, F. Estimating cocoa bean parameters by FT-NIRS and chemometrics analysis. **Food Chemistry**, v. 176, p. 403-410, 2015.

VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – Prospective andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v. 147, p. 119-130, 2003.

VANINI, M.; BABIERI, R. L.; CEOLIN, T.; HECK, R. M. MESQUITA, M. K. A relação do tubérculo andino yacon com a saúde humana. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v.8, p.92-96, 2009.

VAVRECK, A. N. Flow of molten milk chocolate from na efflux viscometer under vibration at various frequencies and displacements. **International Journal Food Science and Technology**, v. 39, p. 465-468, 2004.

VERCET, A. Browning of White chocolate during storage. **Food Chemistry**, v. 81, p. 371-377, 2003.

VIANA, L. C. **Uso da espectroscopia no infravermelho próximo para predição de propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus*.** Dissertação (mestrado). Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2008.

VIEIRA, R. A. M.; SAYER, C.; LIMA, E. L.; PINTO, J. C. In-line and in situ monitoring of semi-batch emulsion copolymerizations using near-infrared spectroscopy. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, p. 2670, 2002.

WADA, T.; SUGATANI, J.; TERADA, E.; OHGUCHI, M.; MIWA, M. Physicochemical characterization and biological effects of inulin enzymatically synthesized from sucrose. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1246-1253, 2005.

WAINWRIGHT, B. The Contribution of Oils and Fats in Confections. **Candy Industrie**, v. 76, n. 09, p. 44-49, 1996.

WILLIAMS, P.; NORRIS, K. **Near-infrared technology**. 2^a ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemistry, 2001.

WORKMAN, J. J. JR.; KOWALSKI, B. R.; BRO, R. Review of chemometrics applies to spectroscopy. **Applied Spectroscopy Reviews**, v. 31, p. 1985-1995, 1996.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, v. 19, n. 2, p. 107-117, 1996.