



INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ
Campus Limoeiro do Norte

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ.
IFCE - *CAMPUS* LIMOEIRO DO NORTE
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ANA HÉRICA DE LIMA MENDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO FUNCIONAL DE
YACON**

[*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] E CAJU

LIMOEIRO DO NORTE – CE

2017

ANA HÉRICA DE LIMA MENDES

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO FUNCIONAL DE
YACON

[*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] E CAJU

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* Limoeiro do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.
Orientador: Carlos Farley Hebster Moura
Coorientador (a): Ana Paula Dionísio

LIMOEIRO DO NORTE – CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M538d Mendes, Ana Hérica de Lima.
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO FUNCIONAL DE YACON
[Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Robinson] E CAJU / Ana Hérica de Lima Mendes. - 2017.
151 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Campus
Limoeiro do Norte, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Farley Herbster Moura .
Coorientação: Profa. Dra. Ana Paula Dionísio.

1. xarope de yacon. 2. atividade prebiótica. 3. caracterização físico-química. I. Título.

CDD 664

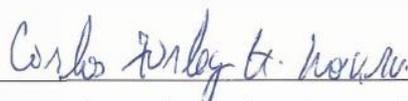
ANA HÉRICA DE LIMA MENDES

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO FUNCIONAL DE
YACON [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] E CAJU.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Tecnologia de Alimentos do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará – *campus* Limoeiro do Norte, como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Tecnologia de Alimentos.
Orientador: Carlos Farley Herbster Moura
Coorientadora: Ana Paula Dionísio

Aprovado em: 28 / 07 / 2017

BANCA EXAMINADORA



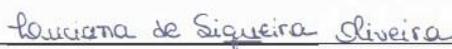
Dr. Carlos Farley Herbster Moura (Orientador)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agroindústria Tropical



Dr. Pabrevi Augusto de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* Limoeiro do Norte –
CE



Dr^a. Luciana de Siqueira Oliveira

Universidade Federal do Ceará – CE

À Deus, por me guiar até aqui!

Ao meu pai, José Hélio Mendes (*in memoriam*), que sempre com o sorriso no rosto e com toda sua humildade foi o meu maior exemplo de guerreiro e meu sinônimo de felicidade.

À minha mãe, Maria Nileide de Lima Mendes, por toda a confiança e por me apoiar em todos os momentos nessa caminhada. Obrigada por acreditar em mim. Tudo devo a você.

Aos meus irmãos, Ana Helini de Lima Mendes e José Hélio Mendes Júnior, pelo apoio, força e o amor diário.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus primeiramente por ter me proporcionado a realização de um sonho.

Aos meus pais, Maria Nileide de Lima Mendes e José Hélio Mendes (*in memorian*), por sempre me proporcionarem várias oportunidades e pelo encorajamento desde sempre.

Aos meus irmãos, José Hélio Mendes Júnior e Ana Helini de Lima Mendes, por todo o apoio dado e por todo companheirismo, vocês são parte de mim.

Ao meu orientador Dr. Carlos Farley Herbster Moura, pelos ensinamentos, conselhos e principalmente por toda disponibilidade durante esse tempo de trabalho, onde sempre, mesmo ocupado, encontrava-se disposto a ajudar. À minha coorientadora, Dr^a. Ana Paula Dionísio, por toda paciência, ensinamentos proporcionados, pelo carinho e pela alegria de sempre. Agradeço a vocês, mas agradeço também a Deus por ter me guiado por esse caminho, no qual tive vocês para me conduzirem e me auxiliarem. Sou muito grata por ter tido orientadores maravilhosos.

Ao Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza, por toda a ajuda e orientação durante esses dois anos.

À professora Dr^a. Ana Maria de Abreu Siqueira e a professora Dr^a. Luciana de Siqueira Oliveira pela disposição em ajudar, pelas orientações e contribuições feitas.

Aos meus amigos do mestrado, principalmente a Lunian Fernandes Moreira, Clarissa Maia de Aquino, Érica Jamily do Nascimento Almeida, Priscila Luana da Silva e a Lucia Mara dos Reis Lemos por terem me ajudado desde o início, por toda amizade (levarei para sempre), pelos conselhos, pelos dias de pesquisa extensa, pelos anseios compartilhados e pelas alegrias vividas. A vocês, minha amizade sincera.

A minha amiga e companheira de pesquisa Aline Inácio Alves, por toda ajuda em laboratório, pelas ajudas com teorias e conhecimentos compartilhados e principalmente pela sua companhia diária. Com você aprendi várias coisas, não só sobre pesquisa. As palavras serão poucas para agradecer todo o apoio recebido.

À Laiza, Diana, Darlene, Samara e Mateus, pela companhia diária e por toda a ajuda concedida durante o estágio na Embrapa Agroindústria Tropical.

Aos analistas da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial à Marcia Régia Souza de Oliveira, Cláudia Oliveira Pinto, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Lorena Mara

Alexandre e Silva e Ídila Maria da Silva Araújo, por me auxiliarem em todos os pr
análises realizadas, pelos conselhos, pelas conversas e brincadeiras, vocês foram esse.....

À Dr^a. Maria de Fátima Borges, Dr^a. Laura Maria Bruno e Dr^a. Déborah dos Santos Garruti da Embrapa Agroindústria Tropical, por sempre mostrarem-se dispostas a ajudar.

À todos os bolsistas dos Laboratórios de Pós-colheita, de Processos agroindustriais, Química de Produtos Naturais e Microbiologia de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *campus* Limoeiro do Norte - CE, por todo ensinamento repassado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, por me proporcionar todo conhecimento e oportunidade.

À Embrapa Agroindústria Tropical, por todo o apoio dado a pesquisa.

À CAPES pelo incentivo financeiro e apoio a pesquisa.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa, meus singelos agradecimentos.

“O início da sabedoria é a admissão da própria ignorância. Todo o meu saber consiste em saber que nada sei... e o fato de saber isso, me coloca em vantagem sobre aqueles que acham que sabem alguma coisa.”

(Sócrates)

RESUMO

O xarope de yacon é obtido a partir do suco de yacon concentrado, apresentando-se como uma importante fonte de prebióticos, sendo os fruto-oligossacarídeos um dos mais conhecidos na literatura científica pelos seus efeitos benéficos a saúde. Sabendo disso, o trabalho objetivou desenvolver um produto funcional a base de yacon e caju, rico em compostos funcionais, seguro do ponto de vista microbiológico, visando aplicação em iogurte e em suco de caju. Inicialmente, para o xarope de yacon obtido a partir do processamento enzimático seguido de microfiltração e concentração (até 68 °Brix), avaliou-se sua estabilidade durante o armazenamento sob refrigeração (5°C) por 90 dias, sendo avaliado quanto ao: pH, acidez titulável, umidade, cinzas, sólidos totais, sólidos solúveis, proteínas, lipídios, carboidratos, valor calórico, frutanos, atividade antioxidante (FRAP, ABTS, DPPH), compostos fenólicos, açúcares redutores e totais e análises microbiológicas. Obteve-se o extrato concentrado de carotenoides a partir da fibra de pedúnculo de cajueiro e fez-se os testes de incorporação do produto funcional de yacon e caju, obtido a partir da mistura e homogeneização do xarope de yacon com o extrato concentrado de carotenoides. Foram realizadas análises de caracterização física, físico-química, química e microbiológica dos dois produtos antes de sua incorporação em iogurte e suco de caju. Os produtos finais foram caracterizados de acordo com análises físico-químicas e realizados testes sensoriais, incluindo grupo focal e aceitação. Assim, a partir das análises realizadas, pode-se concluir que o xarope de yacon mostrou-se seguro do ponto de vista microbiológico, de acordo com a legislação vigente, durante todo o período de armazenamento. Durante os 90 dias, embora o produto tenha apresentado decréscimo na concentração de compostos fenólicos, da atividade antioxidante e no conteúdo de frutanos, o produto ainda apresentou elevadas concentrações desses componentes bioativos, indicando que esse apresenta um grande apelo funcional mesmo após o período de armazenamento prolongado. Por fim, a partir de análises sensoriais realizadas, pode-se concluir que o produto funcional de yacon e caju obteve uma boa aceitação sensorial, principalmente quando comparados aos produtos que não tiveram a sua adição. O produto funcional de yacon e caju pode ser utilizado como ingrediente alimentar agregando valor nutricional e funcional aos alimentos.

Palavras-chave: xarope de yacon, caracterização físico-química, prebiótico, antioxidantes.

ABSTRACT

Yacon syrup is obtained from yacon juice concentrate and represents an important source of prebiotics. Fructooligosaccharides are among the most widely known prebiotics in the scientific literature due to their beneficial health effects. The objective of the present study was to develop a yacon- and cashew-based functional product, rich in functional compounds and considered safe from a microbiological point of view, intended to be used in yogurts and cashew juice. Yacon syrup was obtained by means of enzymatic processing followed by microfiltration and concentration (until 68 °Brix). Syrup stability was evaluated during storage under refrigeration (5 °C) for 90 days, regarding pH, titratable acidity, humidity, ash, total solids, soluble solids, proteins, lipids, carbohydrates, caloric value, fructans, antioxidant activity (FRAP, ABTS, DPPH), phenolic compounds, reducing and total sugars, and microbiological analyses. Concentrated carotenoid extract was obtained from the fiber of cashew tree peduncles. This extract was mixed and homogenized with yacon syrup, forming the yacon- and cashew-based functional product that was then submitted to incorporation tests. Physical, physicochemical, chemical and microbiological characterization analyses were conducted in both products before their incorporation into yogurts and cashew juice. Final products were characterized according to physicochemical analyses and to sensorial tests, including a focal group and overall acceptance. Yacon syrup was considered safe from a microbiological point of view, in accordance with current Brazilian legislation, during the entire storage period. Although the product showed a decrease in the concentration of phenolic compounds, antioxidant activity, and fructan content during this 90-day period, it still presented high concentrations of these bioactive components, indicating high functional appeal even after a long storage period. The yacon- and cashew-based functional product obtained good sensorial acceptance, especially in comparison with products that did not receive this added component. The yacon- and cashew-based functional product can be used as an ingredient to add nutritional and functional values to food.

Key words: yacon syrup, physicochemical characterization, prebiotic, antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Sanitização (A), retirada de casca (B) e cortes de 1 cm³ (C) do yacon..... 60

CAPÍTULO 3

Figura 2 - Pedúnculos do CCP76 imersos em solução clorada com 200 ppm de cloro ativo. Pacajus, CE..... 107

Figura 3 - Fluxograma de processamento de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju 108

Figura 4 - Relação do número de provadores e as escores conferidos de acordo com a escala hedônica das formulações – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE)..... 117

Figura 5 - Associação a tipo de alimento atribuído pelos provadores da análise de grupo de foco de iogurte adicionados de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).. 119

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Rendimento final do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	60
Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas e centesimal do xarope de yacon - Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	71
Tabela 3 - Valores colorimétricos L*, a*, b* do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	76
Tabela 4 - Resultados das análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante total do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	77
Tabela 5 - Coeficientes de correlação dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de análise de compostos bioativos.	79
Tabela 6 - Estabilidade microbiológica do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	80
Tabela 7 - Resultados das análises de frutanos e carboidratos glicêmicos do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	81

CAPÍTULO 3

Tabela 8 - Resultados de caracterização química, física e físico-química do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE).....	110
Tabela 9 - Resultados das análises microbiológicas do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	112
Tabela 10 – Caracterização, física, química e físico-químicas do extrato concentrado de carotenoides – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	113
Tabela 11 – Resultados das análises microbiológicas do extrato concentrado de carotenoides – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	115
Tabela 12 - Escores atribuídos as amostras de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju de acordo com as porcentagens de extrato adicionado no xarope – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	116
Tabela 13 - Análise colorimétrica das amostras de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	118
Tabela 14 – Médias dos escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	120

Tabela 15 – Índices de aceitabilidade de acordo com os escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	122
Tabela 16 - Textura instrumental das formulações de iogurte adicionados de produto funcional de yacon e caju submetidos à análise sensorial – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	123
Tabela 17 – Resultados das análises das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju submetidos à análise sensorial – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	124
Tabela 18 - Análise microbiológica de suco pasteurizado de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	127
Tabela 19 - Médias dos escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	127
Tabela 20 - Índices de aceitabilidade de acordo com os escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra do suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).....	129
Tabela 21 – Resultados das análises das formulações de suco de caju pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).	130
Tabela 22 - Análises das formulações 1 e 2 de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju antes do processo de pasteurização e após a pasteurização.	134
Tabela 23 - Análises das formulações 3 e 4 de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju antes do processo de pasteurização e após a pasteurização.	135

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 INTRODUÇÃO	17
2 JUSTIFICATIVA.....	19
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
4.1 Yacon [<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. & Endl.) H. Robinson]	21
4.2 Caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	24
4.3 Os Fruto-oligosacarídeos e Ácidos Graxos de Cadeia Curta	26
4.4 Compostos Bioativos	29
4.5 Alimentos prebióticos no mercado	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO 2 – ESTABILIDADE DE PRODUTO FUNCIONAL DE YACON DURANTE O ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO.....	51
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
2.1 Obtenção da Matéria Prima	59
2.2 Elaboração do xarope de yacon	59
2.3 Caracterização Físico-química	61
2.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH):	61
2.3.2 Acidez Titulável	61
2.3.3 Sólidos Solúveis	61
2.3.4 Vitamina C	61
2.3.5 Atividade de água (Aw)	61
2.3.6 Umidade	62
2.3.7 Sólidos Totais	62
2.3.8 Cinzas	62
2.3.9 Proteínas	62
2.3.10 Lipídeos.....	63
2.3.11 Carboidratos	63
2.3.12 Valor Calórico	63
2.3.13 Análise Colorimétrica	63

	15
2.4	Determinação da Capacidade Antioxidante 64
2.4.1	Elaboração do Extrato para análises de Compostos Bioativos..... 64
2.4.2	Polifenóis Extraíveis Totais..... 64
2.4.3	Captura do radical 2,2 Azino bis (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid (ABTS)..... 65
2.4.4	Captura do radical 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil (DPPH)..... 66
2.4.5	Redução do ferro (FRAP) 66
2.5	Açúcares 67
2.5.1	Açúcares Redutores..... 67
2.5.2	Açúcares Totais 67
2.6	Determinação de Oligossacarídeos totais 68
2.7	Análise Microbiológica 69
2.8	Análise Estatística 70
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO 70
3.1	Estabilidade do xarope de yacon 70
3.2	Análise colorimétrica..... 75
3.3	Determinação de Compostos bioativos 77
3.4	Análise Microbiológica 80
3.5	Determinação de oligossacarídeos totais..... 81
4	CONCLUSÃO 82
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 84
	CAPÍTULO 3 – PRODUTO FUNCIONAL DE YACON E CAJU: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS..... 93
1	INTRODUÇÃO 94
2	MATERIAL E MÉTODOS..... 95
2.1	Obtenção da Matéria Prima 95
2.1.1	Xarope de yacon..... 95
2.1.2	Fibra de pedúnculo de cajueiro 95
2.2	Elaboração do xarope de yacon 96
2.3	Elaboração do extrato de carotenoides obtido a partir das fibras residuais da industrialização do caju 96
2.4	Caracterização físico-química 97
2.5	Análise Microbiológica 99
2.6	Determinação da Capacidade Antioxidante 99
2.6.1	Elaboração do Extrato para análises de Compostos bioativos 99

	16
2.6.2	Polifenóis Extraíveis Totais (PET)..... 99
2.6.3	Captura do radical 2,2 Azino bis (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid (ABTS)... 100
2.6.4	Captura do radical 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil (DPPH)..... 101
2.6.5	Redução do ferro (FRAP) 101
2.6.6	Carotenoides..... 102
2.7	Elaboração de produto funcional de yacon e caju 102
2.8	Aplicações em alimentos do produto funcional de yacon e caju..... 103
2.8.1	Análise Sensorial de iogurte integral comercial adicionado de produto funcional de yacon e caju..... 104
2.8.2	Análise Sensorial de suco de caju adicionado do produto funcional de yacon e caju. 106
2.9	Análise Estatística 109
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO 109
3.1	Caracterização do xarope de yacon 109
3.2	Caracterização do extrato concentrado de carotenoides..... 112
3.3	Análise sensorial..... 116
3.3.1	Análise de aparência: Grupo de Foco (Iogurte natural adicionado produto funcional de yacon e caju) 116
3.3.2	Análise sensorial: 52 Julgadores (iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju) 120
3.3.3	Análise sensorial: 52 Julgadores (Suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju) 126
4	CONCLUSÃO 137
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 138
ANEXOS 146	
	ANEXO A - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química do xarope de yacon..... 147
	ANEXO B - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) dos resultados de compostos bioativos do xarope de yacon..... 148
	ANEXO C - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da análise de aceitação de aparência e análise colorimétrica das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju..... 149
	ANEXO D - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju... 150
	ANEXO E - Resultados da análise de variância da análise (Teste de Tukey) sensorial das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju. 151

ANEXO F - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da textura instrumental das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju.	152
ANEXO G - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju.	153
ANEXO H - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da análise sensorial das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju.	154
ANEXO I - Resultados do Teste T de <i>Student</i> da caracterização físico-química das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro adicionado de produto funcional de yacon e caju (antes e após a pasteurização).....	155

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente busca da população por uma melhor qualidade de vida juntamente com a falta de tempo que a mesma enfrenta, a indústria alimentícia possui uma importante função na inovação através da produção de alimentos saudáveis para o mercado. Esse fator corrobora para a elaboração de alimentos funcionais que possuem a capacidade de auxiliar na manutenção da saúde (IKEDA; MORAES; MESQUITA, 2010).

Assim, a dieta é considerada como um dos fatores ambientais que mais está relacionada com o desenvolvimento de variadas neoplasias. Alimentos que possuem uma posição de destaque no que se refere à prevenção de câncer são as frutas e hortaliças, pois alguns estudos mostram que esses alimentos atuam prevenindo e diminuindo a mortalidade quanto a distintos tipos de cânceres que podem acometer a população (POPKIN, 2007; ALMEIDA et al., 2017).

Devido ao aumento da procura por esses alimentos saudáveis e pouco calóricos, adoçantes alternativos foram considerados como opções, dentre eles os fruto-oligossacarídeos (FOS), cuja importância principal se deve às suas propriedades funcionais (YUN, 1996). Essas propriedades funcionais podem ser utilizadas como elementos não sensoriais para melhorar a aceitabilidade tanto das frutas como dos subprodutos advindo delas. Assim, recomenda-se o desenvolvimento de produtos que possuam essas propriedades funcionais (PEREIRA, 2014).

Um exemplo de alimento rico em FOS do tipo inulina são as raízes de yacon, além de serem ricas em fibras e minerais. Esses FOS ajudam na manutenção da saúde humana (MARTINS et al., 2011), auxiliando na redução do índice glicêmico, do peso corporal, reduzindo o risco de câncer, entre outros benefícios (DELGADO et al., 2013).

Assim, essa raiz é uma opção para utilização não só em sucos, mas também em chás, pães, farinhas e xaropes; todos esses produtos possuem a finalidade de aproveitar as potencialidades provenientes desse alimento (MANRIQUE; HERMANN, 2004). O yacon possui a capacidade de encorpar o produto em razão de suas características espessantes e geleificantes, como também ajuda a melhorar a aparência sem perder o gosto de formulações padrões (ASHURST, 2005; LAGO, 2010).

Essa raiz, utilizada na produção de adoçantes naturais como também de xaropes, exerce propriedades medicinais como a de controlar a glicemia, de diminuir os níveis de colesterol sanguíneo, digestão da lactose em indivíduos intolerantes à lactose, capacidade de

aliviar a constipação intestinal e de aumentar a absorção de minerais (AYBAR et al., 2011; SAAD, 2006).

Outra opção para elaboração de novos produtos é o pedúnculo do cajueiro. A partir dele é possível elaborar vários tipos de produtos, como no caso do corante de caju (extrato concentrado de carotenoides). Esse é rico em compostos fenólicos, sendo o ácido anacárdico um dos principais e biossintetizado a partir de ácidos graxos (DIÓGENES et al., 1996). O ácido anacárdico possui propriedades antitumorais comprovadas (KUBO et al., 1993), atuando na prevenção de doenças cerebrovasculares, cardiovasculares e tumorigênicas (WANG et al., 1998; ITOKAWA et al., 1987), além de possuir atividade antimicrobiana (KUBO et al., 1987).

Esse extrato também é rico em outros compostos, como dos carotenoides que são compostos que exercem efeito na resposta imune e na comunicação intracelular, atuando benéficamente contra doenças relacionadas ao envelhecimento. Outros efeitos também são relatados quando associado a outros compostos, como o de proteger contra doenças crônicas (UENOJO, et al., 2007).

Por tanto, torna-se importante investigar as características físico-químicas do xarope de yacon e do extrato concentrado de carotenoides, como também investigar as propriedades funcionais exercidas por esses produtos, visando a possibilidade de aplicação na indústria alimentícia.

2 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que há um crescimento no número de casos de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) no Brasil e no mundo, sendo as mais prevalentes a obesidade, diabetes, hipertensão, entre outras. Conhecendo-se as propriedades funcionais do yacon, ela pode ser utilizada como alternativa na prevenção e remediação dos possíveis danos ocasionados pelas DCNT, sendo uma das mais prevalentes o Diabetes Mellitus (DM).

O yacon é uma importante alternativa de produto nutricional, podendo suprir necessidades como a de frutas e vegetais na dieta. Esse ainda é pouco explorado por causa de sua curta vida de prateleira e a falta de familiaridade do consumidor para com esse alimento. Assim, o processamento e a elaboração de novos produtos a partir do yacon busca aumentar o interesse comercial dos mercados, acarretando, consecutivamente, o desenvolvimento de produtos e atividades comerciais em torno da sua produção.

Por isso, devem-se desenvolver novas pesquisas com yacon e aplicá-lo em outros produtos em razão de suas propriedades funcionais exercidas pelos efeitos dos compostos fenólicos, sendo o mais encontrado o ácido clorogênico, que possui potencial antioxidante, atuando na prevenção de diversas doenças. Assim, esses constituintes presentes no yacon possuem efeito benéfico prevenindo o diabetes, a resistência insulínica e auxiliando no metabolismo da glicose. Além disso, o yacon é fonte de fruto-oligossacarídeos, exercendo seu efeito prebiótico por serem fermentados na microbiota intestinal e produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que exercem funções fisiológicas, como em substratos ou em sinalização de moléculas.

O extrato concentrado de carotenoides também possui um grande potencial funcional por ser um produto extraído da fibra de pedúnculo do cajueiro que é rico em compostos funcionais, apresentando compostos fenólicos. Nesse caso, o ácido anacárdico é o mais abundante, possuindo propriedades biológicas com potencial antitumor que previne doenças cerebrovasculares, cardiovasculares, entre outras.

Sabendo disso, esse trabalho objetivou desenvolver e caracterizar um produto funcional de yacon e caju com a finalidade de aplicação em alimentos como ingrediente.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Desenvolver um produto funcional de yacon e caju para aplicação como ingrediente alimentar.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a estabilidade do xarope de yacon a partir de análises física, química e microbiológica frente ao armazenamento refrigerado por 90 dias (5°C);

- Caracterizar o extrato concentrado de carotenoides proveniente das fibras residuais da industrialização do caju de acordo com análises físicas, químicas e microbiológicas;

- Desenvolver um produto funcional com xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoide como fonte de compostos bioativos de interesse industrial (fruto-oligossacarídeos e carotenoides);

- Incorporar o produto funcional de yacon e caju em iogurte e suco de caju, caracterizando-os por meio de análises químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]

O yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] é uma raiz de origem da América do Sul, mais precisamente dos Andes. Sua cultura é perene e suas características físicas são comparáveis aos da batata doce, possuindo ainda polpa crocante e sabor adocicado. Possui propriedades benéficas devido, principalmente, à sua grande quantidade de frutanos, inulina e fruto-oligossacarídeos (FOS) em sua composição (LEONE, 2014; TORRES-VALENZUELA; VILLAMIZAR; ÁNGEL-RENDÓN, 2014).

Essa raiz possui a classificação taxonômica de: Super-reino: *Eucarionte*; Reino: *Plantae*; Sub-reino: *Embriófita*; Filo: *Tracófita*; Superclasse: *Angiosperma*; Classe: *Dicotiledônea*; Ordem: *Asterales*; Família: *Asteraceae* (*Compositae*); Gênero: *Smallanthus*; Espécie: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (OJANSIVU et al., 2011; SANTANA; CARDOSO, 2008).

Possui ainda expansão fora da região Andina, devendo-se ao fato de se adaptar a diferentes regiões, climas, altitudes e solo. Porém, pode ser mais encontrada na Argentina, Bolívia, Brasil, República Checa, Equador, Itália, Japão, Coreia do Sul, Nova Zelândia, Peru e nos Estados Unidos. Além de yacon, essa raiz também é chamada na Bolívia de aricama; no Equador é conhecida como jicama, chicama e shicama; na Colômbia é conhecida como arbolobo. Entretanto, a palavra yacon (nome pelo qual é mais conhecido em todo o mundo) é proveniente do espanhol, derivado da palavra “yaku” que significa “aguado”, uma vez que a água é o componente mais encontrado na raiz, correspondendo a quantidades superiores em 70% da sua massa fresca (OJANSIVU et al., 2011).

Outro fator importante é que o yacon possui em seus rizóforos e seus tubérculos quantidades consideráveis de fruto-oligossacarídeos (FOS) do tipo inulina, fibras e minerais que conferem benefícios à saúde humana (MARTINS et al., 2011), e a maior parte da matéria seca presente na raiz são de fruto-oligossacarídeos (CAMPOS et al., 2012).

Esse alto teor de FOS presentes no yacon é conhecido por conferir alguns benefícios à saúde, como a redução do índice glicêmico, do peso corporal e diminuição dos riscos de câncer de cólon (DELGADO et al., 2013). Logo, pode ser considerado um alimento funcional bastante eficiente, pois pode ser adicionado à dieta de qualquer indivíduo, auxiliando aqueles que visam restringir o consumo de açúcares como é o caso de diabéticos.

Observa-se ainda que o yacon se apresenta com a coloração amarelada e seu sabor é doce (semelhante ao da fruta pera) quando exposta ao sol durante 3 a 5 dias (PINHO; TORQUATO, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimento funcional é aquele alimento ou ingrediente que possui não só funções nutricionais básicas, mas também que podem conferir efeitos metabólicos/fisiológicos e/ou benéficos à saúde de quem consome como parte usual da dieta, sendo seguro não necessitar de supervisão médica. Sabendo disso, a elaboração de produtos com essas qualidades ganham cada vez mais destaque (BRASIL, 1999).

Em consequência de suas propriedades funcionais, o yacon tem sido objeto de vários estudos e ensaios clínicos (ALMEIDA et al., 2015). Assim, temos efeitos antitumorais (DE MOURA et al., 2012) e uma efetiva ação prebiótica. Segundo Sivieri et al. (2014), o extrato de yacon, estudado em um Simulador do Ecosistema Microbiano Intestinal Humano (SHIME), apresentou um aumento considerável das Bifidobactérias spp. e dos *Lactobacillus* spp., resultando na elevação da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no sistema SHIME. Esse simula o ecossistema microbiano intestinal humano com condições controladas com o objetivo de assemelhar-se às experiências *in vivo*, o qual simula o estômago, o intestino delgado e o colón (ascendente, descendente e transversal) com tempo total de simulação de 72 horas (MOLLY et al., 1993).

Segundo Preter et al. (2011), o yacon possui a capacidade de selecionar o crescimento de bactérias probióticas, resultando na produção de menores quantidades de pró-carcinógenos. Esses probióticos são microrganismos que possuem a capacidade de conferir efeitos benéficos à microbiota intestinal. Essas bactérias probióticas são as ácido-láticas, sendo que as mais conhecidas são integrantes do grupo dos lactobacilos e das bifidobactérias (LINARES; ROSS; STANTON, 2015).

Os FOS quando fermentados na microbiota intestinal produzem como produto final os AGCC (ácidos graxos de cadeia curta) que também podem auxiliar o crescimento de *Bifidobactérias* spp. e *Lactobacillus* spp., o que favorece a diminuição e a manutenção em baixos níveis de bactérias patogênicas como o *Clostridium* spp. e a *Escherichia coli* (SUN; O'RIORDAN, 2013). Esses AGCC são absorvidos mais precisamente no cólon, onde são transportados para a corrente sanguínea e irão exercer funções fisiológicas como substratos ou de sinalização de moléculas (LOPÉS et al., 2014; CANFORA et al., 2014).

Outros benefícios, que foram encontrados com estudos a partir de extratos de yacon, dizem respeito à colaborar no tratamento da infertilidade em pessoas com

hipogonadismo, auxiliando os indivíduos a manter os níveis de testosteronas (PARK; HAN, 2013).

Em estudos com extratos aquosos e hidroalcoólicos elaborados a partir do yacon, comprovou-se a melhora dos níveis de glicemia e de triglicérides no soro de ratos que adquiriram Diabetes do tipo I (OLIVEIRA et al., 2013.a; PARK et al., 2009). Outros efeitos comprovados em estudos, segundo Honoré et al. (2012), mostram que os extratos de yacon utilizados no tratamento de ratos diabéticos protegeu-os contra a nefropatia diabética, que é uma complicação ocasionada pelos radicais livres. Essa nefropatia diabética é uma das complicações microvasculares mais comuns associada ao diabetes, contribuindo para o aumento da morbidade e mortalidade com enormes custos médicos, econômicos e sociais, tanto para o paciente como para o sistema público de saúde (RODRIGUES, 2010).

Assim, o yacon pode ser indicado como suplemento alimentar por possuir um elevado teor de FOS, uma vez que modulam seletivamente a composição da microbiota intestinal, promovendo um papel regulador no cólon por impedir o desenvolvimento de bactérias putrefativas. Além disso, as bifidobactérias possuem a característica de estimular o sistema imunitário da mucosa do cólon (ROLIM, 2015; RAMAN et al., 2013), pois através da produção de AGCC modifica a composição da microbiota intestinal, influenciando indiretamente a atividade imunológica em razão da modulação da produção de interleucina e da atividade das células natural killer (KIM et al., 2014). Essas células natural killer possuem a capacidade de reconhecer, em células anormais, as alterações na membrana celular como é o caso de células tumorais (OLIVEIRA, 2015).

Outras funções provenientes dos FOS e da sua consequente produção de AGCC são os seus efeitos hipolipemiantes que são resultantes da modulação das vias bioquímicas e celulares do metabolismo de lipídeos, envolvendo também o trânsito intestinal e a sensação de saciedade (MORA; FULLERTON, 2015). Essa sensação de saciedade está relacionada com a capacidade que os FOS possuem de aumentar a secreção de peptídeos através da produção de AGCC pelo trato gastrointestinal para o sistema neuroendócrino, atuando, consequentemente, como um modulador de apetite (BYRNE et al., 2015). Segundo hipótese de Mohamend (2014), o yacon pode exercer atividades anti-obesidade, efeitos hipolipemiantes, melhorar os parâmetros bioquímicos e de saciedade.

Além disso, esses AGCC como o butirato possuem a capacidade de exercer efeitos diretamente sobre os neurônios mientéricos, atuando tanto no aumento da motilidade intestinal quanto do trânsito no cólon (ESWARAN et al., 2013). Assim, segundo De Moura et

al. (2012), o consumo do yacon e seu consequente aumento de AGCC no organismo ajudam na proteção contra o câncer de cólon.

Um alimento para ser considerado prebiótico deve conter as seguintes condições: quanto ao benefício da saúde, devem ser resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado; quanto a modulação, devem promover mudanças benéficas relacionadas à saúde e à atividade da microbiota colônica do indivíduo (SLAVIN, 2013; SABATER-MOLINA et al., 2009).

O yacon é considerado como um nutracêutico antidiabético por possuir propriedades hipoglicemiantes, por ser reconhecido pela medicina popular e por ser uma alternativa no tratamento da diabetes. Devido às suas baixas calorias, essa raiz é recomendada para ser utilizada como adoçantes por indivíduos diabéticos (RUSSO et al., 2015).

4.2 Caju (*Anacardium occidentale* L.)

O *Anacardium occidentale* L., popularmente conhecido como cajueiro, é uma planta nativa da América do Sul pertencente à família das Anacardiaceae. Nessa família estão incluídas cerca de 75 gêneros e 700 espécies (MITRA et al., 2007). O cajueiro é uma planta perene que pode crescer cerca de 10 à 15 metros de altura, com tronco curto e de forma irregular (YAHIA, 2011).

Considerada uma planta nativa do Brasil, o cajueiro possui mais da metade de suas espécies originárias da Amazônia Brasileira. É um fruto muito apreciado por suas qualidades sensoriais e nutricionais (INFANTE et al., 2013). O cajueiro é cultivado por cerca de 28 países, sendo o Brasil responsável por 11% da produção mundial, concentrada principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (MATTA et al., 2010).

O cajueiro é bastante cultivado nas regiões tropicais, o qual é uma espécie frutífera que ocupa uma área de 586.237 hectares no Brasil, sendo o Nordeste a região responsável por 98% da produção nacional de caju (CONAB, 2015).

O pedúnculo é bastante consumido na forma de sucos, néctares, compotas, entre outros (LIMA et al., 2014). Seu cultivo é realizado a partir de um planejamento para que gerem bons frutos e árvores que garantam a sua produtividade (FAUSTO et al., 2016). Assim, o pseudofruto do cajueiro gera uma grande renda econômica para o Nordeste a partir de sucos, doce e, conseqüentemente, a geração de resíduos a partir desses processamentos (SOUZA, 2016).

Cerca de 1,8 milhão de tonelada de caju são processadas por ano com a finalidade de obter a castanha. Com isso, uma elevada porcentagem dos pedúnculos são tratados como resíduos e, conseqüentemente, descartados após a sua remoção (LEITÃO et al., 2011). Vale ressaltar que as utilizações dos resíduos do caju podem ajudar no meio ambiente, pois grandes quantidades são produzidas e descartadas, muitas vezes de forma inadequada, o que pode causar problemas ambientais (SOUSA et al., 2011).

Outros fatores podem contribuir para o alto número de perdas desse fruto, dentre eles há o fato de que os plantios de cajueiro são de material genético não selecionado, o que ocasiona elevada variabilidade genética; há também a baixa capacidade, encontrada em algumas indústrias, de comportar toda essa produção, além da vida útil do pedúnculo ser muito curta após a colheita, podendo durar entre 24 até 48 horas (MOURA et al., 2013).

Sabendo-se disso, observa-se que o fruto do caju pode ser bastante aproveitado pela indústria, visto que o mesmo apresenta um elevado potencial no desenvolvimento biotecnológico, pois 90% do seu pedúnculo é desperdiçado (PROMMAJAK et al., 2014).

A partir do pedúnculo podem ser desenvolvidas bebidas, sendo as principais o suco de caju e a cajuína. Pode ainda ser destinado como matéria-prima para ração animal (GUANZIROLI et al., 2009), na produção de doces, geleias e bebidas diversas como o suco, sendo esse nutritivo e rico em vitaminas (principalmente vitamina C) e em açúcares e minerais (CARVALHO et al., 2007).

Esse fruto, que é constituído por um pedúnculo floral hipertrofiado (frequentemente confundido com o fruto), apresenta um elevado valor nutricional por ser composto por altos teores de vitamina C, de ferro e de niacina (RODRIGUES et al., 2011).

O pedúnculo pode ser consumido *in natura* ou, como em outros casos, pode ser utilizado para a produção de novos produtos alimentícios. Já que a castanha é o produto principal, sendo bastante exportado, o pedúnculo, conseqüentemente, acaba sendo muito desperdiçado, onde apenas 10% da produção é aproveitada para a fabricação de alguns produtos alimentícios, como a cajuína, refrigerante (BARROS et al., 2012), sucos, vinhos, doces e compotas (BARROS et al., 2012; RODRIGUES et al., 2011).

Vasconcelos et al. (2015), em um estudo realizado com camundongos, observou que o suco de pedúnculo de caju apresentou atividades anti-inflamatórias e anti-úlceras, provavelmente em razão aos compostos fitoquímicos presentes no pedúnculo, melhorando o sistema imunológico e o equilíbrio entre as ERO's e a sinalização.

Haminiuk et al. (2012) relatam que a maioria das atividades biológicas e clínicas exercidas nas frutas deve-se aos compostos antioxidantes presentes nelas, principalmente os

ácidos fenólicos e flavonoides. A atividade antioxidante relatada do caju está relacionada à presença de ácidos, como o gálico, cafeico, quínico, cinâmico, ferúlico, protocatecuico, salicílico, gentísico e p-cumárico (BROINIZI et al., 2007). Além disso, é um fruto rico em vitamina C (QUEIROZ et al., 2011), antioxidantes, minerais, carboidratos (MELO-CAVALCANTE et al., 2011) e carotenoides, podendo ser considerado como um alimento funcional (LIMA et al., 2014).

Segundo Zepka et al. (2014), o pedúnculo de cajueiro destaca-se por suas propriedades nutricionais e por apresentar quantidades elevadas de fenólicos, que são substâncias com elevado potencial antioxidante, um dos motivos de despertar o interesse de diversas pesquisas aproveitando o pedúnculo do cajueiro (LUZ et al., 2008).

A partir da prensagem de pedúnculo de cajueiro obtém-se o extrato concentrado de carotenoides, o qual, segundo Abreu et al. (2013), possui em sua composição a presença de carotenoides, responsáveis pela coloração amarela do produto (ABREU et al., 2013). Esses carotenoides, além de serem pigmentos, são compostos que auxiliam a saúde ocular, o sistema imunológico, o desenvolvimento embrionário e a função epitelial. (FENNEMA, 2010).

Outro composto importante que podemos encontrar são os ácidos anacárdicos (ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003), que são encontrados naturalmente nas famílias botânicas Anacardiaceae, Ginkgoaceae e Myristicaceae (SPENCER et al., 1980). Alguns estudos realizados com ácido anacárdico mostrou que o mesmo apresenta propriedades bactericidas, analgésicas (BISWAS; RAY, 1963; BHATTACHARYA et al., 1987) e atividade antifúngica (HIMEJIMA; KUBO 1991).

4.3 Os Fruto-oligossacarídeos e Ácidos Graxos de Cadeia Curta

Os prebióticos, segundo Holzapfel e Schillinger (2002) e Gibson (2004), são ingredientes alimentares não digeríveis, dentre eles temos a lactulose, a inulina e diversos oligossacarídeos que trazem benefícios ao hospedeiro, pois estimulam seletivamente a multiplicação e a atividade de um número limitado de bactérias que são benéficas ao organismo e que estão presentes no cólon, conferindo benefícios a saúde do consumidor.

Alguns pré-requisitos devem ser atendidos para que os prebióticos possam ser incorporados aos alimentos, como o de serem resistentes à processos de digestão, absorção e adsorção, como também o serem fermentáveis por microrganismos presentes na microbiota saudável do intestino humano, exercendo atividade bifidogênica, uma vez que estimula a

multiplicação seletiva das bactérias benéficas que estão presentes principalmente no cólon (HOLZAPFEL; SCHILLINGER, 2002; GIBSON, 2004)

Esses prebióticos são carboidratos complexos e as enzimas presentes no intestino, como as salivares, são incapazes de degradá-los (ANJO, 2004; SAAD, 2006). A atuação principal dos prebióticos ocorre no intestino grosso, onde promove o estímulo à proliferação da flora intestinal e inibe a multiplicação daqueles microrganismos patogênicos, o que favorece o sistema imune (FORSYTE, 2002; FRANCO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2006). Esses carboidratos além de não serem absorvidos pelo intestino delgado não sofrem hidrólise. Os prebióticos que se destacam são: oligofrutose, inulina e fruto-oligossacarídeos (FOS) (SAAD, 2006).

Um dos principais prebióticos que são utilizados pela indústria alimentícia mundial são os fruto-oligossacarídeos, juntamente com a inulina, os isomalto-oligossacarídeos, os glico-oligossacarídeos e os trans-galacto-oligossacarídeos. Em relação a isso, a inulina e os fruto-oligossacarídeos são os dois prebióticos mais estudados e os únicos que são permitidos no Brasil à alegação de efeito benéfico sobre a composição da microflora intestinal (VIGANÓ et al., 2016).

Os fruto-oligossacarídeos e a inulina são utilizados como ingredientes para elaboração de produtos com baixo valor calórico e enriquecidos com fibras em razão de suas propriedades funcionais, conferindo benefícios específicos à saúde (SHOAIB et al., 2016). São ainda denominados de prebióticos, pois possuem a característica de auxiliar no bom funcionamento do sistema digestivo e, conseqüentemente, auxilia em uma maior absorção dos nutrientes ingeridos (VALCHEVA; DIELEMAN, 2016).

Dentre os benefícios associados ao consumo de prebióticos estão: modulação do sistema imune, auxílio na regulação de alterações metabólicas prevalente na obesidade, redução de risco de câncer, aumento da biodisponibilidade dos minerais, principalmente o cálcio, e prevenção e melhora na gravidade das infecções gastrointestinais, assim como sua duração (CHARALAMPOPOULOS; RASTALL, 2011).

Os prebióticos exercem sua função na microbiota intestinal em razão da presença de ligações do tipo β (2-1) e essas ligações não são quebradas pelas enzimas digestivas humanas. Assim, esses prebióticos acabam por chegar intactos no cólon e sua fermentação é realizada por microrganismos intestinais, onde são produzidos alguns metabólitos como o lactato, piruvato e os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente o acético, o propiônico e o butírico. A produção desses metabólitos acarreta na diminuição do pH, promovendo e estimulando o crescimento de microrganismos benéficos, como os

Lactobacillus e as Bifidobacterium (SCHEID, 2013) e a inibição das bactérias patogênicas (MANDERSON et al., 2005; RABELO; FONTES; RODRIGUES, 2009).

As bactérias presentes no cólon consomem os oligossacarídeos que chegam ao intestino (COELHO et al., 2014; MADHUKUMAR; MURALIKRISHNA, 2012). Dentre esses oligossacarídeos prebióticos, temos além dos fruto-oligossacarídeos, os glico-oligossacarídeos, os isomalto-oligosacarídeos, os galacto-oligosacarídeos, gentilo-oligosacarídeos, isomaltulose, lactosacarose, malto-oligosacarídeos e xilo-oligosacarídeos (LOMAX; CALDER, 2009; PATEL; GOYAL, 2010). A maioria desses oligossacarídeos são sintetizados ou isolados a partir de plantas por meio da despolimerização de polissacarídeos (SAAD et al., 2013).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária Brasileira (ANVISA), os fruto-oligossacarídeos possuem alegações funcionais, assim como as fibras alimentares. Essa alegação pode ser utilizada de acordo com a recomendação de consumo diário do produto que encontra-se pronto para consumo, devendo fornecer no mínimo 5,0 g de fruto-oligossacarídeos/fibras, além disso a sua porção deve ser no mínimo de 2,5 g e o seu consumo não pode ultrapassar de 30 g diárias (BRASIL, 2009).

Os oligossacarídeos, em geral, não são digeridos pelo organismo dos seres humanos, pois ao chegarem ao intestino grosso são fermentados por bactérias ali presentes. Assim, alguns oligossacarídeos são classificados como prebióticos, pois são fermentados de forma seletiva proporcionando mudanças tanto na composição intestinal como na sua atividade microbiota, conferindo benefícios à saúde (ROBERFROID, 2007).

Segundo Gibson e Roberfroid (1995), os prebióticos são ingredientes não digeríveis que possuem a característica de estimular seletivamente o crescimento e/ou a atividade de algumas bactérias do cólon de forma benéfica, onde irá melhorar a saúde do hospedeiro. Porém, essa definição de prebiótico encontra-se mais atualizada, demonstrando que o local de ação desse prebiótico não irá se restringir apenas ao cólon (FIGUEROA-GONZALEZ et al., 2011; ROBERFROID, 2007).

Os fruto-oligossacarídeos, que são produzidos a partir da hidrólise da inulina pela inulase, são utilizados de diferentes formas, desde a sua aplicação em sorvetes, alimentos lácteos, como em formulações de alimentos para indivíduos diabéticos. Além de estimular a proliferação de bifidobactérias do cólon, podem impedir o desenvolvimento de algumas bactérias patogênicas (ANJO, 2004; PASSOS), onde não são utilizados por enterobactérias e clostridium (SARBINI et al., 2014). Esses podem ainda atuar na diminuição dos níveis de colesterol total e de lipídeos séricos e aliviar a constipação (RENUKA et al., 2009). Podem

atuar suprimindo a produção de toxinas e melhorar e regular as taxas de potássio, cálcio de magnésio e auxiliar na síntese de vitaminas (SCHEER, 1997).

Abrams et al. (2005) relatam que as pessoas que consomem alimentos que contenham fruto-oligossacarídeos apresentam maior biodisponibilidade de minerais em virtude de sua maior absorção no trato intestinal. Atuam ainda auxiliando na melhora da resposta imunológica, pois ativa a imunidade da mucosa através da regulação da microbiota intestinal (YASUDA et al., 2010).

A ação microbiana que esses fruto-oligossacarídeos exercem pode resultar na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs), que são as principais fontes de energia dos colonócitos (SIMPSON; CAMPBELL, 2015). Dentre eles temos o ácido acético, o propiônico, butírico (BIANCHI et al., 2011) e o láctico. Esses são absorvidos e irão atuar na melhora da captação de água e sais minerais (VAN DE WIELE et al., 2004; (SANT'ANNA et al., 2012), além de estimular as respostas imunes (VINOLO et al., 2011). O ácido butírico, especificamente, é a principal fonte de energias para as células epiteliais (revestem o cólon), o que auxiliará na diferenciação celular (MORAIS, 2006). Tanto as vitaminas como os AGCCs auxiliam na função imunológica da mucosa intestinal (BRESTOFF e ARTIS, 2013).

Os AGCCs reduzem a prevalência de fatores associados a inflamações e a síndrome do intestino irritado (GUARNER et al., 2007), previnem o câncer de cólon (WOLLOWSKI; RECHKEMMER; ZOBEL, 2001; LIONG, 2008), o aparecimento de doenças cardiovasculares (SALAS-SALVADÓ et al., 2006), além de auxiliarem no aumento da saciedade e contribuem com a perda de peso (PARNELL, 2012; DELZENNE, 2011). Os ácidos graxos são classificados como AGCCs quando apresentam menos de seis carbonos em sua cadeia (BIESEK; ALVES; GUERRA, 2015). A fermentação dos AGCCs irá conferir ainda energia para os órgãos (rins, coração e cérebro) e músculos (MACFARLANE; MACFARLANE, 2012).

4.4 Compostos Bioativos

Alimentos funcionais são aqueles que têm a capacidade de promover algum benefício à saúde de quem os consome, além do valor nutritivo do alimento; ou aquele alimento que possui a capacidade de prevenir o risco de alguma doença. Esses alimentos funcionais são compostos por componentes benéficos que são chamados, dentre outras terminologias, de compostos bioativos. Esses agem como agentes antioxidantes, exercendo

alguns papéis no organismo como o de ativar enzimas de desintoxicação do fígado, bloquear atividade de microrganismos, como as bactérias e vírus, diminuir a atividade de agregação das plaquetas, inibir a absorção do colesterol e destruir possíveis bactérias presentes que causem prejuízos ao trato gastrointestinal. Dentre os compostos bioativos estão inclusos os lipídios, as vitaminas, peptídeos, os antioxidantes, ácidos graxos, os minerais e algumas células vivas, como os probióticos (DE VOS et al., 2010).

Esses alimentos de origem vegetal possuem um elevado potencial antioxidante que exerce, consideravelmente, benefícios à saúde. Esses benefícios são ocasionados, na grande maioria das vezes, pelos compostos fenólicos presentes nesses alimentos (GAWLIK-DZIKI et al., 2013).

Nos últimos anos tem crescido o número de pesquisas com a finalidade de descobrir os benefícios à saúde exercido pelos compostos antioxidantes que estão contidos nos alimentos. Essas pesquisas possuem o objetivo de aumentar o consumo de frutas e das hortaliças para que o risco de adquirir doenças crônicas (doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, doença neuro-degenerativa, diabetes tipo II, etc) sejam reduzidos (LU et al., 2011; ANDARWULAN et al., 2012; POTRICKOS et al., 2013).

Com isso, estão sendo utilizados extratos de plantas e os produtos deles derivados como parte integrante de alimentos e bebidas, prática que está crescendo no ramo da indústria de alimentos. Tais extratos de plantas são considerados seguros e possuem a permissão para serem incorporados em sistemas alimentares. Porém, vale ressaltar que a incorporação desse extrato vegetal em alimentos irá depender das suas propriedades funcionais, do custo desse processamento e de sua eficácia, do efeito sensorial que vai acarretar no produto final e a consciência que o consumidor possui (PERUMALLA; HETTIARACHCHY, 2011).

Os efeitos desses compostos bioativos podem ser observados em pessoas que consomem esses alimentos de forma regular, como é o caso da população asiática que possui o hábito de se alimentar com quantidades superiores de soja quando comparados a outras regiões que consomem esse alimento, o que pode reduzir os riscos de contrair a osteoporose. Outro caso é o da população mediterrânea que possui o costume de consumir uma dieta rica em frutas, verduras, vinho tinto e de azeite de oliva, que possui a capacidade de reduzir o risco do aparecimento de doenças cardiovasculares, câncer, obesidade, dentre outras comorbidades (COZZOLINO, 2012).

Sabendo-se disso, os antioxidantes são substâncias que possuem a capacidade de prevenir os danos acarretados pela oxidação, inibindo a peroxidação lipídica e sequestrando

os radicais livres. Ou seja, tais substâncias são capazes de proteger os organismos aeróbios do estresse oxidativo (ARAÚJO, 2011; ZAMBONIN et al., 2012; OLEAGA et al., 2012).

Esse estresse oxidativo é gerado a partir de um desequilíbrio entre os compostos oxidantes e os antioxidantes. Esse desequilíbrio é ocasionado à custa da produção excessiva de radicais livres ou por conta da redução na velocidade da remoção desses radicais, o que desencadeia a oxidação de biomoléculas com desequilíbrio homeostático ou mesmo perdas das funções biológicas, o que acarreta em danos graves de células e tecidos. Os lipídios, por exemplo, que são estruturas essenciais presentes nas membranas celulares, são um dos principais alvos de ataques desses radicais livres. O processo recorrente de oxidação lipídica, consequentemente acarreta em um aumento do risco de doenças crônicas não transmissíveis (GIL-CHÁVEZ et al., 2013; YIN; XU; PORTER, 2011).

Os antioxidantes possuem inúmeras funções dentro dos sistemas biológicos, dentro delas temos a proteção contra os danos oxidativos. A principal atividade exercida pelos antioxidantes nas células é de prevenir os efeitos deletérios ocasionados pela ação de espécies reativas de oxigênio (ERO's), como o radical superóxido (O_2^-), o radical hidroxil (OH^\cdot) e o radical peroxil (ROO^\cdot), todos produzidos em organismos vivos durante o processo de estresse oxidativo (KANNAN et al., 2013).

O radical livre é formado por qualquer átomo ou molécula que seja composta por um ou mais elétrons desemparelhados na órbita exterior (CAROCHO; FERREIRA, 2013). Com essas características, o radical apresenta uma forte reatividade com diferentes espécies químicas (GAWLIK-DZIKI et al., 2013). Assim, quando há um aumento na produção das ERO's, há, consequentemente, um desequilíbrio entre esses e as defesas antioxidantes, ocorrendo o estresse oxidativo (WESELER; BAST, 2010).

Os compostos bioativos, que são advindos de uma dieta natural, possuem a capacidade de retardar o desenvolvimento de doenças degenerativas, agindo também na inibição da oxidação lipídica. Dentre esses compostos, temos os carotenoides e os polifenóis que conferem benefícios à saúde de quem os consome (GAWLIK-DZIKI, 2012). Esses benefícios são decorrentes da capacidade que essas moléculas possuem de competir por sítios ativos e por receptores em várias estruturas celulares, devido ao seu potencial óxido-redução e na modulação da expressão gênica envolvida nas defesas contra os processos oxidativos, codificando proteínas envolvidas nesses processos (ALISSA; FERNS, 2012).

Os antioxidantes são substâncias que estão presentes em baixas concentrações quando comparadas ao substrato oxidável, e mesmo assim inibir a oxidação lipídica (NASCIMENTO et al., 2011). Assim, os antioxidantes têm fornecido novas perspectivas na

prevenção de danos oxidativos mediados por radicais livres em produtos naturais (MEENA et al., 2012).

Por isso, tem sido crescente o interesse da identificação desses antioxidantes alimentares provenientes de fontes naturais, principalmente os de origem vegetal. Devido ao combate dos efeitos nocivos dos radicais livres, por retardar a peroxidação lipídica e por reduzir a evolução de várias doenças crônicas, torna-se importante caracterizar esses compostos, como os fenólicos, a capacidade antioxidante, os açúcares solúveis totais e os carotenoides presentes nos alimentos (GULÇIN, 2012).

O sistema de defesa antioxidante pode ser dividido em enzimático e não enzimático. Dentro da classe dos enzimáticos estão os superóxidos dismutases (SOD's), a catalase (CAT) e a glutathiona peroxidase (GSH-Px). Os antioxidantes não enzimáticos podem ser de origem endógena ou dietética, sendo constituídos por uma grande variedade de substâncias, como é o caso das vitaminas C e E, o β -caroteno, entre outros (RODRIGO; MIRANDA; VERGARA, 2011; BIRBEN et al., 2012).

Evidências mostram que o estresse oxidativo pode desencadear o desenvolvimento da síndrome metabólica e também o desenvolvimento de outras doenças crônicas não transmissíveis. É válido ressaltar que a dieta é fundamental para a modulação do estresse oxidativo (GIL-CHÁVEZ et al., 2013; YIN; XU; PORTER, 2011).

Consequentemente, o consumo desses alimentos estão relacionados à promoção de efeitos benéficos à saúde que são atribuídos as propriedades antioxidantes dos compostos bioativos presente nesses alimentos. Esses compostos inibem a oxidação de moléculas, o que evita iniciar a propagação das reações de oxidação em cadeia, reduzindo o risco de câncer, catarata, Alzheimer e Parkinson (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

O estudo dos compostos bioativos tem visado, principalmente, identificar as características físico-químicas e quantificar a presença dessas substâncias com o interesse de agregar qualidade nutricional e valor a esses produtos (SOUZA et al., 2012). Nas plantas, os compostos bioativos possuem um papel fundamental no crescimento, desenvolvimento e em sua reprodução, proporcionando uma eficiente proteção contra patógenos, o que contribui para suas características sensoriais e de cor em frutas e hortaliças (IGNAT; VOLFF; POPA, 2011).

Esses compostos são produzidos pelas plantas e possuem propriedades biológicas como atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e anti-tumoral, variando bastante em termos de estrutura e de função química. Podem ainda ter o efeito vasodilatador, antialérgico, antihepatotóxico, antiulcerogênica, antiplaquetária antiviral (ALMEIDA et al.,

2011; LU et al., 2011; ANDARWULAN et al., 2012), antifúngica, cardioprotetora, anticancerígena, entre outras propriedades (WANG et al., 2012, BONIFÁCIO et al., 2014).

4.5 Alimentos prebióticos no mercado

Observa-se nos últimos anos uma tendência no mercado para a inovação de produtos na indústria de alimentos. Dentre esses produtos, destacam-se alimentos e bebidas funcionais (SALVIATRUJILLO et al., 2011).

A saúde e os alimentos apresentam-se inteiramente relacionados. Devido a isso, os alimentos passaram a ser mostrados como uma importante área de pesquisa por todo o mundo (TURGEON; RIOUX, 2011; GRANATO et al., 2010). Os alimentos só podem ser considerados funcionais quando apresentam algum benefício relacionado a uma ou mais funções fisiológicas e quando possui valor nutricional inerente à sua composição química que possua a capacidade de melhorar, manter e reforçar a saúde de quem os consome (BLUNDELL, 2010).

Ferreira (2012) relata que para a inserção no mercado de alimentos funcionais é importante ter atenção com o conteúdo nutricional e com as alegações de saúde daquele produto. Para isso, é necessário ter conhecimento não somente em tecnologia, mas também em nutrição e em outros aspectos referentes à área da saúde. A rotulagem desses alimentos devem conter as características nutricionais do produto com adição de suas vantagens funcionais, se for o caso de um alimento funcional, informações essas necessárias para conhecimento das instituições governamentais, para a indústria e também para os consumidores.

Dentre esses produtos funcionais, temos os probióticos e os prebióticos. Esses se mostram com um enorme crescimento econômico em várias regiões do mundo. Tal crescimento comercial é decorrente de alguns desdobramentos eficientes para poder desenvolver os produtos, a pesquisa e a inovação, além da importante parceria com os centros de pesquisas e com as empresas (PIRES, et al., 2015).

Porém, estabelecer as evidências científicas comprovadas pelos efeitos funcionais relacionados aos alimentos prebióticos ainda é um desafio para o ramo de pesquisa científica interdisciplinar. Isso se deve ao fato da determinação dos efeitos benéficos desses produtos para a saúde humana, como também as doses terapêuticas certificadas para cada posologia

(PIRES, 2015). Dentre esses prebióticos, temos os fruto-oligossacarídeos que são utilizados na indústria como um substituto parcial de sacarose nos alimentos processados de sabor doce, acentuando o sabor do alimento ali produzido (COUSSEMENT, 1999; NINESS, 1999).

Nos setores de patentes de pesquisas relacionadas à probióticos, prebióticos e simbióticos, verifica-se que o Brasil encontra-se como o segundo maior país depositante de pedidos de patente, onde os dados correspondem à 49 pedidos: 40 relacionados a prebióticos e 9 relacionados a produtos simbióticos (PIRES, 2015). Esse mercado de alimentos funcionais no Brasil representa 15% do mercado nacional de alimentos, com a expressão de crescimento de 20% ao ano (COSTA, 2010).

Permite-se ainda, na produção de alimentos funcionais, a mudança de conteúdo do componente e a produção de produtos com funções específicas. Assim, é permitido adicionar outros compostos que sejam benéficos à saúde, que não estão presentes ou mesmo retirar algum composto que seja prejudicial (DE ANGELIS, 2005). Sabendo-se disso, foram realizados diversos estudos com o intuito de adicionar prebiótico em alimentos, como em iogurtes (SANTOS et al., 2014; FIDELIS et al., 2014) e em suco (REBOUÇAS, 2012; ROCHA, 2013; RABELO, 2008).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALISSA, E. M.; FERNS, G. A. Functional foods and nutraceuticals in the primary prevention of cardiovascular diseases. **Journal of Nutrition and Metabolism**, Staffordshire, v. 2012, p.16, 2012.

ALMEIDA, L.; SANTOS, B. T.; PRATES, R. P.; LEÃO, L. L.; PEREIRA, E. J.; SILVA, V. S.; FARIAS, P. K. S. Alimentação como fator de risco para câncer de intestino em universitários. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 30, n.1, p. 72-78, 2017.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M. de; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M. do; MAGALHÃES, C. E. de C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. de. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.

ALMEIDA, P. H. A.; ABRANCHES, M. V.; FERREIRA, C. L. L. F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A food with multiple functions. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, p.32–40. 2015.

ANDARWULAN, N.; KURNIASIH, D.; APRIADY, R. A.; RAHMAT, H.; ROTO, A. V.; BOLLING, B. W. Polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 339 –347, 2012.

ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.3, n.2, p. 145-154, 2004.

ARAÚJO, C. R. R. Composição Química, Potencial Antioxidante e Hipolipidêmico da Farinha da Casca de *Myrciaria cauliflora* (Jabuticaba). 139f. **Dissertação** (Mestrado em Química) - Faculdade de Ciências Exatas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

ASHURST, P. R. **The chemistry and technology of soft drinks and fruit juices**. 2ª ed. Hereford, England: Blackwell Publishing Ltd, 2005.

ASSUNCAO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**, v. 81, p. 495–502, 2003.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEJA, V.; DOMÍNGUEZ-ROSAS, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; WASMIN SIDDIQUI, M.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZALEZ-AGUILLAR, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866-1874. 2011.

BARROS, N. V. A.; COSTA, N. Q.; PORTO, R. G. C. L.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; ARAÚJO, R. S. R. M. B. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale* L.). **CEPPA**, v. 30, n. 2, p. 315-325, 2012.

BHATTACHARYA, S. K.; MUKHOPADHYAY, M.; MOHAN RAO; P. J. R.; BAGCHI, A.; RAY, A. B. Pharmacological investigation on sodium salt and acetyl derivative of anacardic acid. **Phytotherapy Research**, v.1, p. 127- 134, 1987.

BIANCHI, F.; DALL'ASTA, M.; DEL RIO, D.; MANGIA, A.; MUSCI, M.; SCAZZINA, F. Development of a headspace solid-phase microextraction gas chromatography–mass spectrometric method for the determination of short-chain fatty acids from intestinal fermentation. **Food Chemistry**, v. 129, p.200-205, 2011.

BIESEK, A.; ALVES, L. A.; GUERRA, I. **Estratégias de Nutrição e suplementação no esporte**. 3 ed. Editora Manole Ltda. 2015. 460 p.

BIRBEN, E.; SAHINER, U.M.; SACKESEN, C.; ERZURUM, S.; KALAYCI, O. Oxidative stress and antioxidant defense. **World Allergy Organ Journal**, v. 5; n. 1, p. 9-19, 2012.

BISWAS, A. K.; RAY, A. B. Surface-active characteristics of sodium salts of anacardic acids of varying unsaturation. **Nature**, 200, p. 1203, 1963.

BLUNDELL, J. Making claims: functional foods for managing appetite and weight. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 6, p. 53-56, 2010.

BONIFÁCIO, B. V., SILVA, P. B., RAMOS, M. A. S., NEGRI, K. M. S., BAUAB, T. M., CHORILLI, M. Nanotechnology-based drug delivery systems and herbal medicines: a review. **International Journal of Nanomedicine**, v. 9, 1-15. 2014.

BRASIL. ANVISA. Agência nacional de Vigilância Sanitária. Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Inspeção Vegetal. Serviço de Inspeção Vegetal. **Decreto n. 6.871, de 4 de**

junho de 2009. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 de junho de 2009.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999.** Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 1999.

BRESTOFF, J. R.; ARTIS, D. Commensal bacteria at the interface of host metabolism and the immune system. **Nature Immunology**, v.14, n. 7, p.676–684, 2013.

BROINIZI, P.R.B. et al. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., v. 27, n. 4, p. 902-908, 2007.

BYRNE, S.; CHAMBERS, E.S.; MORRISON, D.J.; FROST, G. The role of short chain fatty acids in appetite regulation and energy homeostasis. **International Journal of Obesity**. v. 39, p.1331–1338, 2015.

CAMPOS, D., BETALLELUZ-PALLARDELA, I., CHIRINOS, R., AGUILAR-GALVEZ, A., NORATTO, G., & PEDRESCHI, R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, 135, 1592-1599, 2012.

CAROCHO, M.; E I. C. F. R. FERREIRA. "A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives." **Food and Chemical Toxicology**, v.51, p.15-25, 2013.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; RODRIGUES, S. Storage stability os coconut-cashew apple juice beverage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.31, p.178-189, 2007.

CHARALAMPOPOULOS, D.; RASTALL, R. A. Prebiotics in foods. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p.1-5, 2011.

COELHO, R. M. D.; ARAÚJO, A. D. A.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Powder lemon juice containing oligosaccharides obtained by dextransucrase acceptor reaction synthesis and dehydrated in sprouted bed. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n.9, p.5961–5967, 2014.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Conjuntura mensal:** castanha de caju novembro de 2015. Brasília, DF: MAPA, 2015. 5 p.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais – componentes bioativos e efeitos fisiológicos.** Editora: Rubio, 2010.

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

COZZOLINO, S. **Nutracêuticos: o que significa?** Associação Brasileira para Estudo da Obesidade – ABESO, v. 55, fevereiro, 2012.

DE ANGELIS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidade degenerativas.** Editora: Atheneu. 2ª Edição, 2005.

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

DE SOUZA, V.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v.134, n. 1, p. 381-386, 2012.

DE VOS, P.; FAAS, M. M.; SPASOJEVIC, M.; SIKKEMA, J. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. **International Dairy Journal**, v. 20, n.4, p. 292–302, 2010.

DELGADO, G.T.; TAMASHIRO, W.M.; MARÓSTICA-JUNIOR, M.R.; PASTORE, G.M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A functional food. **Plant Foods of Human Nutrition**, v.68, p.222–228, 2013.

DELZENNE, N.M., CANI, P.D. **Interaction Between Obesity and the Gut Microbiota: Relevance in Nutrition**, Annual Review of Nutrition, 2011.

ESWARAN, S.; MUIR, J.; CHEY, W.D. Fiber and functional gastrointestinal disorders. **The American Journal of Gastroenterology**, v.108, p.718–727, 2013.

FAUSTO, M. A.; SANTOS, A. C. A.; SILVA, H.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; LOBO, F. A. Componentes do balanço de energia estimados por meio do método da razão de bowen em um pomar de caju. **Ambiência Guarapuava**, v.12 n.1 p. 119 – 126, 2016.

FERREIRA, C. L. L. F. **Grupo de Bactérias Lácticas e Aplicação Tecnológica de Bactérias Probióticas**. In.: FERREIRA, C. L. L. F. Prebióticos e Probióticos: Atualização e Prospecção. Rio de Janeiro: Editora: Rubio, p. 01-27, 2012.

FIDELIS, J. C. F.; SCAPIM, M. R. S.; TONON, L. A. C.; POZZA, M. S. S.; PIERETTI, G. G.; ANTIGO, J. L. D.; MADRONA, G. S. Iogurte natural desnatado adicionado de inulina. **Revista brasileiro de tecnologia agroindustrial**. v. 8, n. 2S, 2014.

FIGUEROA-GONZALEZ, I.; QUIJANO, G.; RAMIREZ, G.; CRUZ-GUERRERO, A. Probiotics and prebiotics - perspectives and challenges. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 8, p. 1341-1348, 2011.

FORSYTE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FRANCO, R. M.; OLIVEIRA, L. A. T.; CARVALHO, J. C. A. P. Probióticos – Revisão. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.20, n.142, 2006.

GAWLIK-DZIKI, U.; JEZYNA, M.; SWIECA, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYZ, J. Effect of bioaccessibility of phenolics compounds on in vitro anticancer activity of broccoli aprouts. **Food Research International**, v. 49, n.1, p.469-476, 2012.

GAWLIK-DZIKI, U.; SWIECA, M.; SULKOWSKI, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYZ, J. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - In vitro study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 57, p.154-160, 2013.

GIBSON, G. R. Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, p.25-31, 2004.

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

GIL-CHÁVEZ, J.G.; VILLA, J.A.; AYALA-ZAVALA, J.F.; HEREDIA, J.B.; SEPULVEDA, D. YAHIA, E.M. et al. Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.12, n.1, p. 5-23, 2013.

GRANATO, D.; BRANCO, G. F.; NAZZARO, F.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, p. 292-302, 2010.

GUANZIROLI, C. E.; SOUZA FILHO, H. M.; VALENTE JUNIOR, A. S. **Cadeia produtiva da castanha do caju; estudo das relações de mercado**. Banco do Nordeste do Brasil. Fortaleza: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura: Banco do Nordeste do Brasil, 2009.

GUARNER, F. Prebiotics in inflammatory bowel diseases. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.S85-S89, 2007.

GÜLÇİN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives Toxicology**, v. 86, n. 3, p.345-391, 2012.

HAMINIUK, C. W.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits: an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, p.2023–2044, 2012.

HIMEJIMA, M., KUBO, I. Antibacterial agent from the cashew *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) nut shell oil. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. v. 39, p. 418-421, 1991.

HOLZAPFEL, W.; SCHILLINGER, U. Introduction to pre – and probiotics. **Food Research International**, v.35, n.2, p.109-116, 2002.

HONORÉ, S.M., CABRERA, W.M., GENTA, S.B. AND SANCHEZ, S.S. Protective Effects of Yacon Leaves Decoction against Early Nephropathy in Experimental Diabetic Rats. **Food and Chemical Toxicology**, 50, 1704-1715. 2012.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1821-1835, 2011.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Antioxidant activity of agroindustrial residues from tropical fruits. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 87-91, 2013.

IKEDA, A. A.; MORAES, A.; MESQUITA, G. Considerações sobre tendências e oportunidades dos alimentos funcionais. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v.8, n.2, p. 40-56, 2010.

KANNAN, R. R. R.; ARUMUGAM, R.; THANGARADJOU, T.; ANANTHARAMAN, P. Phytochemical constituents, antioxidant properties and p-coumaric acid analysis insome seagrasses. **Food Research International**, v. 54, p. 1229-1236, 2013.

KIM, H.C.; PARK, J.; KIM, M. Gut Microbiota-Derived Short-Chain Fatty Acids, T Cells, and Inflammation. **Immune Network**, v.14, p.277–288, 2014.

LAGO, C. C. Estudo do suco concentrado e da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LEITÃO, R.C.; CLAUDINO, R. L.; BRITO, C. R. F.; ALEXANDRE, L. C.; CASSALES, A. R.; PINTO, G. A. S.; SANTAELLA, S. T. **Produção de biogás a partir do bagaço do caju**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 51. p.1-46, 2011.

LEONE, R. S. Estudo do processo de incorporação de lactobacillus casei lc-01 em yacon (*Smallanthus sonchifolius*) desidratado em flocos. 2014. 90 f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

LIMA, A. C. S.; SOARES, D. J.; SILVA, L. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; MENEZES, E. A. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p.142–147, 2014.

LIMA, A. C. S.; SOARES, D. J.; SILVA, L. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; MENEZES, E. A. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p.142–147, 2014.

LINARES, D. M.; ROSS, P.; STANTON, C. Beneficial Microbes: The pharmacy in the gut. **Bioengineered**. v. 28, p. 1- 28, 2015.

LIONG, M. T. Roles of Probiotics and Prebiotics in Colon Cancer Prevention: Postulated Mechanisms and In-vivo Evidence, **International Journal of Molecular Science**, v.9, p.854-863, 2009.

LOMAX, A. R.; CALDER, P. C. Prebiotics, immune function, infection and inflammation: a review of the evidence. **The British Journal of Nutrition**, v.101, n.5, p. 633–58, 2009.

LÓPEZ, V.L.; MEDINA, J.A.L.; GUTIÉRREZ, M.V.; SOTO, M.L.F. Carbohydrate: Current role in diabetes mellitus and metabolic disease. **Nutricion. Hospitalaria**, v.30, p.1020–1031, 2014.

LU, X.; WANG, J.; AL-QADIRI, H. M.; ROSS, C. F.; POWERS, J. R.; TANG, J.; RASCO, B. A. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion (*Allium cepa*) and shallot (*Allium oschaninii*) using infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v.127, n.2, 2011.

LUZ, D. A.; RODRIGUES, A. K. O.; SILVA, F. R. C.; TORRES, A. E. B.; CAVALCANTES FR., C. L.; BRITO, E. S. E.; AZEVEDO, D. C. S. Adsorptive separation of fructose and glucose from na agroindustrial waste os cashew industry, **Bioresource Technology**, v. 99, p.2455-2465, 2008.

MACFARLANE, G. T.; MACFARLANE, S. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health. **Journal of AOAC International**, v.95, n.1, p.50, 2012.

MADHUKUMAR, M. S.; MURALIKRISHNA, G. Fermentation of xylo-oligosaccharides obtained from wheat bran and Bengal gram husk by lactic acid bacteria and bifidobacteria. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 6, p. 745–52, 2012.

MANDERSON, K.; PINART, M.; TUOHY, K. M.; GRACE, W. E.; HOTCHKISS, A. T.; WIDMER, W.; YADHAY, M. P.; GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. In Vitro Determination of Prebiotic Properties of Oligosaccharides Derived from an Orange Juice Manufacturing By-Product Stream. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, p.8382–8389, 2005.

MARTINS, M. L. R.; DELMACHIO, K. L.; CORDEIRO, A. A. Efeitos da utilização de *Smallanthus sonchifolius* (yacon) no tratamento de indivíduos com Diabetes Mellitus. **Ceres: Nutrição & Saúde**, v. 6, n.1, p. 35-43, 2011.

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; COURI, S. **Suco de caju**. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) *Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia*. São Paulo: Edgard Blücher. v.2, cap.13, p. 227-240, 2010.

MEENA, H.; PANDEY, K.H.; PANDEY, P.; ARYA, M.C.; AHMED, Z. Evaluation of antioxidant activity of two important memory enhancing medicinal plants *Baccopa monnieri* and *Centella asiatica*. **Indian Journal of Pharmacology**, 44, p.114-117, 2012.

MELO-CAVALCANTE, A. A.; DANTAS, S. M. M.M.; LEITE, A. S.; MATOS, L. A.; SOUSA, J. M.; PICADA, J. N.; SILVA, J. In vivo antigenotoxic and anticlastogenic effects of

fresh and processed cashew (*Anacardium occidentale*) apple juices. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, p.792-798, 2011.

MITRA, R., MITCHELL, B., GRAY, C., ORBELL, J., COULEPIS, T., MURALITHARAN, M. Medicinal plants of Brazil. Asia Pac. **Biotechnology News**, v.11, p.689–706, 2007.

MOHAMED, S. Functional foods against metabolic syndrome (obesity, diabetes, hypertension and dyslipidemia) and cardio vascular disease. **Trends in Food Science & Technology**, v.35, p.114–128, 2014.

MOLLY K, WOESTYNE MV, VERSTRAETE W. Development of a 5-step multichamber reactor as a Simulation of the Human Intestinal Microbial Ecosystem. **Appl Microbiology and Biotechnology**, v.39, p.254–258, 1993.

MORA, S.; FULLERTON, R. Effects of Short Chain Fatty Acids on Glucose and Lipid metabolism in Adipocytes. **FASEB Journal**, v. 29, p.627–625, 2015.

MORAIS, M. E.; JACOB, C. O papel dos probióticos e prebióticos na prática pediátrica. **Jornal de Pediatria**, v.82, n.5, p.189-197, 2006.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; LOPES, M. M. A. **Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do pedúnculo do cajueiro**. 2. ed. rev. ampl. – Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

MUSSATTO, S. I.; MANCILHA, I. M. Non-digestible oligosaccharides: A review. **Carbohydrate Polymers**, v.68, n.3, p.587–597, 2007.

NASCIMENTO, J. C.; LAGE, L. F. O.; CAMARGOS, C. R. D.; AMARAL, J. C.; COSTA, L. M.; SOUSA, A. N.; OLIVEIRA, F. Q. Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH e doseamento de flavonóides totais em extratos de folhas da *Bauhinia variegata* L. **Revista brasileira de farmácia**, v.92, p.327-332, 2011.

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

OJANSIVU, I.; FERREIRAB, C.L.; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Food Science and Technology International**, v. 22, n.1, p.40-46, 2011.

OLEAGA C, CIUDAD CJ, NOÉ V, IZQUIERDO-PULIDO, M. Coffee polyphenols change the expression of STAT5B and ATF-2 modifying cyclin D1 levels in cancer cells. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, p.1-17, 2012.

OLIVEIRA, G.O., BRAGA, C.P. AND FERNANDES, A.A. Improvement of Biochemical Parameters in Type 1 Diabetic Rats after the Roots Aqueous Extract of Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.)] Treatment. **Food and Chemical Toxicology**, v.59, p.256-260, 2013.a

OLIVEIRA, K. A. M.; RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G. V. Caracterização microbiológica, físico-química e microscópica de mel de abelhas canudo (*Scaptotrigona depilis*) e jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.3, p.239-248, 2013.b

OLIVEIRA, R. A. Efeitos do treinamento aeróbio e de força em pessoas com câncer durante a fase de tratamento quimioterápico. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v.9, n.56, p.662-670, 2015.

PARK, J. S.; HAN, K. The spermatogenic effect of yacon extract and its constituents and their inhibition effect of testosterone metabolism. **Biomolecules & Therapeutics**, v. 21, p. 153–160, 2013.

PARK, J.S., YANG, J.S., HWANG, B.Y., YOO, B.K. AND HAN, K. Hypoglycemic effect of yacon tuber extract and its constituent, chlorogenic acid, in streptozotocin-induced diabetic rats. **Biomolecules & Therapeutics**, v.17, p.256-262, 2009.

PARNELL, J. A., REIMER, R. A, Prebiotic fiber modulation of the gut microbiota improves risk factors for obesity and the metabolic syndrome, **Gut Microbes**, v.3, p.29-34, 2012.

PATEL, S.; GOYAL, A. Functional oligosaccharides: production, properties and applications. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 1119–1128, 2010.

PERUMALLA, A. V. S., HETTIARACHCHY, N. S. Green tea and grape seed extracts — Potential applications in food safety and quality. **Food Research International**, 44, 827-839, 2011.

PINHO, J. C.; TORQUATO, S. A. Elaboração de um bolo diet com a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **UNINGÁ Review**, n.10, v.1. p. 94-103, 2012.

- PIRES, E. A.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, R. B.; BARBOSA, C. A.; SANTOS, F. L. Perfil dos documentos de patente referentes a tecnologias e produtos probióticos, prebióticos e simbióticos na América Latina. **Cad. Prospec**, v. 8, n. 1, p. 142-149, 2015
- POPKIN, B. M. Understanding global nutrition dynamics as a step towards controlling cancer incidence. **Nature Reviews Cancer**, v. 7, n. 1, p. 61-67, 2007.
- POTRICKOS, R.; KLETCKE, V.; LOCATELLI, C.; ZANCANARO, V.; SANTOS, P. Determinação de fenóis totais em infusões aquosas de chá verde (*Camelia sinensis*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) preparada na forma de chimarrão. **RIES**, v.2, n.1, p. 27-38, 2013.
- PRETER, V.; HAMER, H.M.; WINDEY, K.; VERBEKE, K. The impact of pre- and/or probiotics on human colonic metabolism: Does it affect human health? **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, p.46–57, 2011.
- PROMMAJAK, T.; LEKSAWASDI, N.; RATANNAPANONE, N. Biotechnological valorization of cashew apple: a review. **Chiang Mai Journal of Science**, v. 13. p. 159-182, 2014.
- QUEIROZ, C., LOPES, M. L. M., FIALHO, E., & VALENTE-MESQUITA, V. L. Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. **Food Research International**, v.44, p.1459–1462, 2011.
- RABELO, M. C. Aproveitamento do pedúnculo do caju para síntese de oligossacarídeos prebióticos. 2008. 102 f.: **Dissertação** (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Curso de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza-CE, 2008.
- RABELO, M. C.; FONTES, C. P. M.; RODRIGUES, S. Enzyme synthesis of oligosaccharides using cashew apple juice as substrate. **Bioresource technology**, v.100, n.23, p.5574–80, 2009.
- RAMAN, M.; AMBALAM, P.; KONDEPUDI, K.K; PITHVA, S.; KOTHARI, C.; PATEL, A.T.; PURAMA, R.K.; DAVE, J.M.; VYAS, B.R. Potential of probiotics, prebiotics and synbiotics for management of colorectal cancer. **Gut Microbes**, v.4, p.181–192, 2013.
- REBOUÇAS, M. C. Desenvolvimento de bebida prebiótica à base de amêndoa da castanha de caju e maracujá: aceitação e expectativa do consumidor. 2012. 84 f.: **Dissertação** (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza-CE, 2012.

- RENUKA, B.; KULKAMI, S. G.; VIJAYANAND, P.; PRAPULLA, S. G. Fructooligosaccharide fortification of selected fruit juice beverages: Effect on the quality characteristics. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, n.5, p.1031-1033, 2009.
- ROBERFROID, M. Prebiotics: The concept revisited. **Journal of Nutrition**, v. 137, n. 3, p. 830S-837S, 2007.
- ROCHA, S. A. S. Obtenção de suco em pó prebiótico de tangerina através de secagem em leite de jorro. 2013. 80 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- RODRIGO, R.; MIRANDA, A.; VERGARA, L. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. **Clinica chimica acta**, v. 412, n. 5-6, p. 410-424, 2011.
- RODRIGUES, M. R. C.; RONDINA, D.; ARAÚJO, A. A. Respostas reprodutivas e metabólicas de ovelhas alimentadas com bagaço de caju desidratado, durante o pós-parto. **Arquivo brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p.171-179, 2011.
- RODRIGUES, T. C. Caracterização de pacientes com diabetes mellitus tipo 1 do Sul do Brasil: complicações crônicas e fatores associados. **Revista Associação Medica Brasileira**, v. 56, n.1, p.67-73, 2010.
- ROLIM, P.M. Development of prebiotic food products and health benefits. **Food Science and Technology**, v. 35. 2015.
- RUSSO, D.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P.B.; FERNANDEZ, E.C.; MILELLAL, L. Evaluation of Antioxidant, Antidiabetic and Anticholinesterase Activities of *Smallanthus sonchifolius* Landraces and Correlation with Their Phytochemical Profiles. **International Journal of Molecular Sciences**, v.16, p.17696–17718, 2015.
- SAAD, N.; DELATTRE, C.; URDACI, M.; SCHMITTER, J. M.; BRESSOLLIER, P. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 1-16, 2013.
- SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Rev. Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.1, 2006.
- SABATER-MOLINA, M.; LARQUÉ, E.; TORRELLA, F.; ZAMORA, S. Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. **Journal of Physiology and Biochemistry**, v.65, p.315–328, 2009.

SALAS-SALVADÓ, J.; BULLÓ, M.; PEREZ-HERAS, A.; ROS, E. Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases. **British Journal of Nutrition**, v.96, suplemento 2, pS.45-S.51, 2006.

SALVIA-TRUJILLO, L.; MORALES-DE LA PEÑA, M.; ROJAS-GRAÛ, M. A.; MARTÍNBELLOSO, O. Microbial and enzymatic stability of fruit juice-milk beverages treated by high intensity pulsed electric fields or heat during refrigerated storage. **Food Control**, v. 22, p. 1639-1646, 2011.

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

SANTOS, K. A.; SANTOS, A. F.; MANHANI, M. R.; SANCHES, F. L. F. Z.; BALLARD, C. R.; NOVELLO, D. Validação das características sensoriais e físico-químicas de iogurte adicionado de inulina. **Revista UNIABEU**, v. 7, n. 15, 2014.

SARBINI, S. R.; KOLIDA, S.; DE AVILLE, E. R.; GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. Potential of novel dextran oligosaccharides as prebiotics for obesity management through in vitro experimentation. **British Journal of Nutrition**, v. 112, p. 1303–1314, 2014.

SCHEER, J. F. FOS: how sweet it is. **Better Nutrition**, p. 50, 1997.

SECOLIN, V.A. Microencapsulação de compostos bioativos de *Camellia sinensis* em sistemas lipídicos por *spray-drying*. 113 f. **Dissertação** (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

SCHEID, M. M. A.; MORENO, Y. M. F.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Effect of prebiotics on the health of the elderly. **Food Research International**, v. 53, n. 1, p. 426-432, 2013.

SHOAIB, M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, HR.; SHAKEEL, A.; NIAZI, A. A. S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, n. 20, p. 444-54, 2016.

SIMPSON, H. L.; CAMPBELL, B. J. Alimentary Pharmacology and Therapeutics Review article: dietary fibre – microbiota interactions. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v.42, p.158–179, 2015.

SIVIERI, K.; MORALES, M. L. V.; SAAD, S. M. I.; ADORNO, M. S. T.; SAKAMOTO, I. K.; ROSSI, E. A. Prebiotic Effect of Fructooligosaccharide in the Simulator of the Human

Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME Model). **Journal of Medicinal Food**, v.17, n.8, p. 1-8, 2014.

SLAVIN, J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. **Nutrients**, v.22, p.1417–1435, 2013.

SOUSA, M. S. B., VIEIRA, L. M., SILVA, M. J. M., & LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.554–559, 2011.

SOUZA, T. C. Uso de bagaço de caju como suporte para imobilização de lipase do tipo B *Candida antarctica*: Aplicação na síntese de R-indanol. 159f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Programa de pós-graduação em engenharia química, Universidade Federal do Ceará. 2016.

SPENCER, G. F.; TJARKS, L. W.; KLEIMAN, R. Alkyl and phenylalkyl anacardic acids from *Knema elegans* seed oil. **Journal of Natural Products**, v. 43, p. 724-730, 1980.

SUN, Y.; O'RIORDAN, M.X.D. Regulation of Bacterial Pathogenesis by Intestinal Short-Chain Fatty Acids. **Advances in Applied Microbiology**, v.85, p.93–118, 2013.

TORRES-VALENZUELA, L. S.; VILLAMIZAR, R.; ÁNGEL-RENDÓN, S. Stabilization of a functional refreshment from mango nectar and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) through spray drying encapsulation. **Functional Foods in Health and Disease**, v. 4, n. 2, p. 77- 86, 2014.

TURGEON, S. L.; RIOUX, L. E. Food matrix impact on macronutrients nutritional properties. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1915-1924, 2011.

UENOJO, M.; MARÓSTICA-JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**. v.30, n.3, 2007.

VALCHEVA, R.; DIELEMAN, D. A. Prebiotics: Definition and protective mechanisms. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 30, n. 1, p. 27-37, 2016.

VAN DE WIELE, T.; BOON, N.; POSSEMIERS, S.; JACOBS, H.; VERSTRAETE, W. Prebiotic effects of chicory inulin in the simulator of the human intestinal microbial ecosystem. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 51, n. 1, p. 143-153, 2004.

VASCONCELOS, M. S.; GOMES-ROCHETTE, N. F.; OLIVEIRA, M. L. M.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S.; TOMÉ, A. R.; SOUSA, F. Y. M.; PINHEIRO, F. G.; MOURA, C. F. H.; MIRANDA, M. R. A.; MOTA, E. F.; MELO, D. F. Anti-inflammatory and wound healing potential of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) in mice. **Experimental Biology Medicine** (Maywood), v. 240, n. 12, p.1648-55, 2015.

VIGANÓ, O. J.; BORDIGNON, S.; MASSON, A. P. Requeijão cremoso de copo com teor reduzido de sódio e enriquecido com fibras. **Tecnologias para Competitividade Industrial**, v. 9, n. 1, 2016.

VINOLO, M. A. R.; RODRIGUES, H. G.; HATANAKA, E.; SATO, F. T.; SAMPAIO, S. C.; CURI, R. Suppressive effect of short-chain fatty acids on production of proinflammatory mediators by neutrophils. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 22, p. 849-855, 2011.

WANG, S., MARCONE, M F., BARBUT, S., LIM, L. T. (2012). Fortification of dietary biopolymers-based packaging material with bioactive plant extracts. **Food Research International**, 49, 80-91.

WESELER, A. R.; BAST, A. Oxidative Stress and Vascular Function: Implications for Pharmacologic Treatments. **Current Hypertension Reports**, v. 12, p. 154–161, 2010.

WOLLOWSKI, I.; RECHKEMMER, G.; ZOBEL, B. L. P.; Protective role of probiotics and prebiotics in colon cancer 1'2'3, **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.73, p.451-455, 2001.

YAHIA, E., 2011. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, vol. 2. Woodhead Publishing, Cambridge.

YASUDA, A.; INOUE, K.I.; SANBONGI, C.; YANAGISAWA, R.; ICHINOSE, T.; YOSHIKAWA, T.; TAKANO, H. Dietary supplementation with fructooligosaccharides attenuates airway inflammation related to house dust mite allergen in mice. **International Journal of Immunopathology and Pharmacology**. v. 23, p.727-35, 2010.

YIN, H.; XU, L.; PORTER, N.A. Free radical lipid peroxidation: mechanisms and analysis. **Chemical Reviews**, v. 111, n. 10, p. 5944–5972, 2011.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides—Occurrence, preparation, and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 19, n. 2, p. 107-117, 1996.

ZAMBONIN L, CALICETI C, SEGA FVD, FIORENTINI D, HRELIA S, LANDI L, PRATA C. Dietary phenolic acids act as effective antioxidants in membrane models and in

cultured cells, exhibiting proapoptotic effects in leukaemia cells. **Archive of Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, p.1-12, 2012.

ZEPKA, L. Q.; GARRUTI, D. S.; SAMPAIO, K. L.; MERCADANTE, A. Z.; SILVA, M. A. A. P. Aroma compounds derived from the thermal degradation of carotenoids in a cashew apple juice model. **Food Research International**, v. 56, p. 108-114, 2014.

**CAPÍTULO 2 – ESTABILIDADE DE PRODUTO FUNCIONAL DE YACON
DURANTE O ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO**

1 INTRODUÇÃO

O yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] é uma raiz de origem da América do Sul, mais precisamente dos Andes. O interesse por essa raiz reapareceu a partir da década de 80 (VILHENA et al., 2000) e a cultura foi introduzida em território brasileiro na região de Capão Bonito, em São Paulo, por japoneses (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2005).

Sua cultura é perene e suas características físicas são comparáveis as da batata doce, possuindo ainda polpa crocante e sabor adocicado. Possui propriedades benéficas devido, principalmente, à sua grande quantidade de frutanos, inulina e fruto-oligossacarídeos (FOS) em sua composição (LEONE, 2014; TORRES-VALENZUELA; VILLAMIZAR; ÁNGEL-RENDÓN, 2014).

Assim, atribui-se ao yacon propriedades antioxidantes em virtude aos seus elevados níveis de compostos fenólicos no tubérculo e nas folhas. Os principais compostos fenólicos encontrados nas raízes de yacon foram o L-triptofano, o ácido clorogênico e outros que são derivados do ácido cafeico (OLIVEIRA et al., 2013.a). Os compostos fenólicos, antioxidantes e prebióticos são responsáveis pela grande maioria dos benefícios conferidos pelo consumo do yacon (CAMPOS et al., 2012).

Dentre esses prebióticos, o yacon possui quantidades consideráveis de fruto-oligossacarídeos que conferem vários benefícios à saúde humana (MARTINS et al., 2011) e grande parte da sua matéria-seca é composta desse prebiótico (CAMPOS et al., 2012). Os fruto-oligossacarídeos possuem a capacidade de promover o estímulo à proliferação da flora intestinal e inibem a multiplicação daqueles microrganismos patogênicos, o que favorece o sistema imune (FORSYTE, 2002; FRANCO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2006).

Com a finalidade de aumentar a estabilidade do yacon, com o intuito de disponibilizar esses efeitos funcionais mencionados, faz-se processamentos industriais utilizando diferentes tecnologias, dentre elas temos a acidificação, a desidratação, adição de solutos, a concentração, dentre outros métodos, sendo combinados à metodologias de barreiras (SOUZA FILHO et al, 1999). A estabilidade do alimento diz respeito ao prolongamento de sua vida útil que corresponde ao período de manutenção dos aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, permanecendo seguro para quem os consome (MCMEEKIN; ROSS, 1996).

Na América Latina encontramos uma grande variedade de produtos derivados do yacon. Comumente esses produtos são disponibilizados em forma de xaropes, sucos, marmeladas e também em chás das folhas (OJANSIVU et al., 2011).

Vários pesquisadores estão realizando estudos sobre o yacon, seja sobre a raiz, a farinha ou outros produtos derivados, analisando formas de produção e de caracterização química, como também dos seus aspectos nutricionais, funcionais, formas de utilizações e toxicidade, visando a segurança quanto ao seu consumo (RODRIGUES et al., 2011a; SANTANA; CARDOSO, 2008; BORGES et al., 2012). É o caso do estudo realizado por Silva (2017), onde buscou-se desenvolver um produto funcional de yacon, rico em compostos fenólicos e FOS. Porém, nenhum estudo tem sido realizado sobre a estabilidade desse produto, por isso a importância desse trabalho.

Sabendo-se disso, a elaboração de produtos advindos do yacon é uma ótima alternativa para desenvolvimento de produtos ricos em fibras alimentares, já que sua forma de armazenamento de carboidratos é a partir de frutanos e não de amido, como na maioria dos tubérculos (PASCOAL et al., 2013). Por isso, o trabalho objetivou avaliar a estabilidade química, física, físico-química e microbiológica de um produto funcional de yacon frente ao armazenamento refrigerado (5°C) por 90 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da Matéria Prima

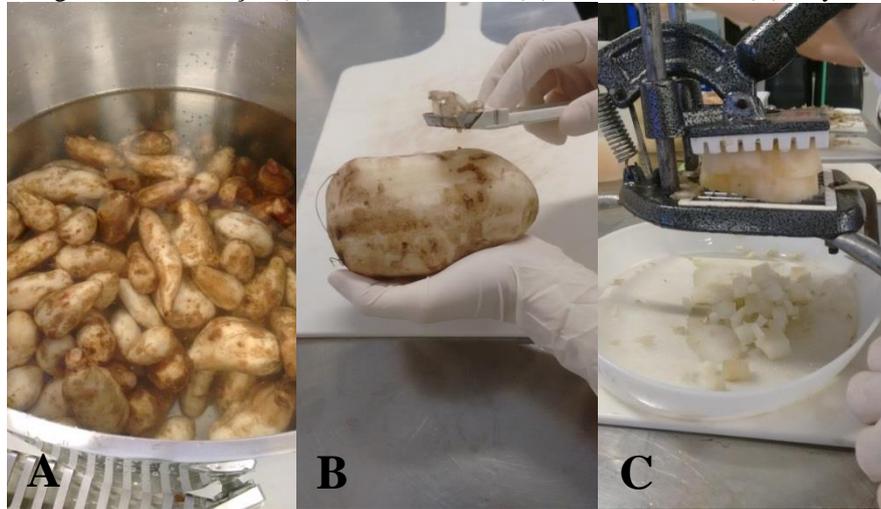
As raízes *in natura* de yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] foram obtidas diretamente do mercado local no Município de Maracanaú – CE. As raízes foram processadas no Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical para posterior obtenção do xarope de yacon.

2.2 Elaboração do xarope de yacon

Primeiramente, todas as raízes foram lavadas e sanitizadas em água clorada com 200 ppm de cloro ativo (Figura 1). Em seguida, foram descascadas manualmente para serem cortadas em cubos de 1 cm³. Posteriormente, os cubos das raízes foram imersos em solução de

ácido cítrico a 2,4% w/v, com a intenção de inibir o processo de escurecimento enzimático causado pela polifenoloxidase encontrada na raiz tuberosa. Após oito minutos sob imersão, todos os cubos foram retirados da água (DIONÍSIO et al., 2013) e centrifugados em um misturador industrial. A polpa de yacon foi tratada com Celluclast® 1,5 L e Pectinex® Ultra SP-L (500 mg L⁻¹ de cada enzima) e filtrada em um sistema de microfiltração. Em seguida, o material foi concentrado para 68 °Brix sob vácuo (560 mmHg) e temperatura de 60 ± 5 °C. Posteriormente, foram armazenados a 5 °C e as amostras foram avaliadas em análises químicas, físicas, físico-químicas e microbiológicas.

Figura 1 – Sanitização (A), retirada de casca (B) e cortes de 1 cm³ (C) do yacon.



FONTE: AUTOR, 2017

Foram processados 108 kg de yacon, obtendo rendimento de 75,67% de polpa. Posteriormente, a polpa foi submetida aos processos descritos anteriormente, resultando em 6,48 kg de xarope com rendimento de 12,25% (Tabela 1).

Tabela 1 - Rendimento final do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE)

Quantidade de raízes de yacon (kg)	Quantidade de xarope obtido (kg)	Rendimento final (%)
108	6,48	12,25

2.3 Caracterização Físico-química

2.3.1 *Potencial Hidrogeniônico (pH):*

Determinou-se a partir de um pHmetro digital (Mettler JEMWA 3510pH) calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (IAL, 2008).

2.3.2 *Acidez Titulável*

Utilizou-se 1,0 g da amostra para determinação da acidez, juntamente com 50 mL de água destilada e titulou-se com NaOH 0,1 N (IAL, 2008). A acidez foi expressa em % de ácido cítrico.

2.3.3 *Sólidos Solúveis*

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado a partir da leitura realizada com o auxílio de um refratômetro digital, modelo (ATAGO Pocket Palm-3), sendo os valores expressos em °Brix, de acordo com AOAC (1997).

2.3.4 *Vitamina C*

Para determinação de vitamina C foi utilizada a metodologia proposta Strohecker e Henning (1967). Pesaram-se 5,0 g de polpa, diluindo-se para 100 mL de ácido oxálico. Posteriormente, foi retirado 5,0 mL do extrato, adicionando-se 50 mL de água destilada e realizando a titulação com solução de Tillman. Os resultados obtidos foram expressos em mg/100g de xarope.

2.3.5 *Atividade de água (Aw)*

A atividade de água do xarope de yacon foi mensurada a partir da leitura direta na temperatura de 25 °C em um higrômetro termoconstante elétrico, modelo AQUA LAB CX-2

(BRASEQ – Brasileira de equivalente), de acordo com a metodologia 978.18 descrita pela AOAC (1990).

2.3.6 Umidade

Seguiu-se a metodologia segundo a AOAC (1997), onde as amostras foram colocadas em cadinhos de porcelana e levados a estufa à temperatura de $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para remoção de água por aquecimento. Esse procedimento foi realizado até obtenção de peso constante.

2.3.7 Sólidos Totais

As amostras foram pesadas em cápsulas de metal previamente taradas. As mesmas foram colocadas para secagem direta em estufa aquecida à 105 °C durante 3 horas. Em seguida, foram colocadas para resfriar em dessecador por meia hora e pesadas até obter peso constante (IAL, 2008).

2.3.8 Cinzas

As amostras foram pesadas em cápsulas de porcelana taradas anteriormente, carbonizadas em chapa elétrica e incineradas em forno mufla à 550 °C durante 3 horas. Posteriormente, foram resfriadas em dessecador por 30 minutos e pesadas até obter peso constante (IAL, 2008).

2.3.9 Proteínas

Seguiu-se a metodologia de Kjeldahl que consiste em três etapas: a de digestão, a destilação e a titulação. Os resultados foram expressos em nitrogênio total (AOAC, 1995).

2.3.10 Lipídeos

Os lipídeos foram determinados através da extração à quente pelo método de Soxhlet, onde utilizou-se um balão de fundo chato contendo pérolas de vidro, tarado e pesado. As amostras foram pesadas em papel filtro e colocadas no extrator de Soxhlet, encaixado no balão. Adicionou-se hexano para proceder a extração por 6 horas. Em seguida, realizou-se a evaporação e a recuperação do solvente. O balão foi colocado em estufa para secar a 102 °C durante 1 hora até obter peso constante (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em %.

2.3.11 Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado segundo a AOAC (1997) a partir da diferença entre o total da amostra que representa os 100% e os valores obtidos a partir das análises de lipídeos, proteínas, umidade e cinzas.

2.3.12 Valor Calórico

Determinou-se o valor calórico do xarope de yacon a partir do cálculo das médias aritméticas dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios e multiplicou-se por 4 kcal/g, 4 kcal/g e 9 kcal/g, respectivamente, de acordo com os valores de conversão de Atwater (BRASIL, 2003).

2.3.13 Análise Colorimétrica

A análise colorimétrica foi realizada a partir de um colorímetro digital Konica Minolta, modelo Chroma Meter CR-410 (Japão), onde a apresentação e visualização de resultados foi realizada por meio do espaço de cor CIELAB, utilizando um sistema tridimensional. Nesse sistema, L* representa a luminosidade (do preto ao branco), a* consiste no eixo que varia do vermelho (mais positivo) ao verde (mais negativo) e b* que varia do amarelo (mais positivo) ao azul (mais negativo) (PRANDL et al., 1994). O cálculo da diferença absoluta de cor (ΔE) de L*, a* e b* em relação ao padrão (primeiro tempo de estabilidade) é obtido através da equação (NSONZI; RAMASWAMY, 1998):

Eq. 2

$$\Delta E = \left[\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \right]^{1/2}$$

Onde:

$$\Delta L = L^* - L_0^*$$

$$\Delta a = a^* - a_0^*$$

$$\Delta b = b^* - b_0^*$$

Essa variação de cor (ΔE) é classificada, segundo Rosenstritt et al. (1998), como alteração de cor não perceptível quando encontra-se menor que 1; alteração de cor considerada clinicamente aceitável quando encontra-se entre 1 e 3,3; e considera-se com alteração de cor com significância clínica quando maior que 3,3.

2.4 Determinação da Capacidade Antioxidante

2.4.1 *Elaboração do Extrato para análises de Compostos Bioativos*

O extrato foi elaborado a partir de adaptações de Larrauri et al. (1997) utilizando 1 g do xarope de yacon diretamente no tubo de centrifuga: adicionou-se 4 mL de metanol 50%, homogeneizou-se e cobriu-se com papel alumínio deixando em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e ao abrigo de luz. Posteriormente, centrifugou-se a 15.000 rpm durante 15 minutos, filtrou-se o sobrenadante em um papel filtro diretamente para um balão volumétrico de 10 mL âmbar coberto com papel alumínio. No resíduo, adicionou-se 4 mL de acetona 70%, o qual foi homogeneizado e colocado em repouso durante 60 minutos. Posteriormente, centrifugou-se a 15.000 rpm durante 15 minutos, filtrou-se o sobrenadante para o mesmo balão volumétrico, aferindo-se com água destilada (RUFINO et al., 2010).

2.4.2 *Polifenóis Extraíveis Totais*

Seguiu-se a metodologia conforme descrito por Larrauri et al. (1997) e Obanda; Owuor (1977). Inicialmente, foi preparada a curva padrão do ácido gálico com uma solução

inicial na concentração de 100 µg/mL fazendo diluições sucessivas, retirando de 10 até 50 mL da solução inicial, resultando em concentrações de 0 a 50 µg/mL. Posteriormente, adicionou-se 1 mL de cada diluição em tubos de ensaios juntamente com Follin Ciocalteau (1:3), 2 mL do carbonato de sódio 20% e 2 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada em um agitador de tubos e deixada para repousar por 30 minutos.

Passado o tempo, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a partir de cubetas de quartzo em absorvância de 700 nm. Utilizou-se como o zero a água destilada. Finalmente, os dados das absorvâncias e suas concentrações foram plotados em planilha, onde as concentrações de ácido gálico (µg) se localizam no eixo X e as respectivas absorvâncias no eixo Y, para prosseguir o cálculo da equação da reta.

2.4.3 Captura do radical 2,2 Azino bis (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid (ABTS)

Esse método de análise através do sequestro do radical ABTS - 2,2'-Azinobis-bis (3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) foi primeiramente proposto por Miller et al. (1993), seguindo-se algumas modificações sugeridas por Rufino et al. (2007a).

Para preparo da curva em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 30 µL das soluções de trolox (100 µM, 500 µM, 1.000 µM, 1.500 µM e 2.000 µM) para tubos de ensaios e, em seguida, adicionou-se 3,0 mL de solução do radical ABTS em agitador de tubos, o qual foi homogeneizado e realizado a leitura após 6 minutos em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 734 nm, utilizando álcool etílico como branco (RUFINO et al. 2007a). Plotou-se os dados de concentração e absorvâncias em gráfico de dispersão e obteve-se a equação da reta (NENADIS et al., 2004).

A partir do extrato elaborado, preparou-se três diluições diferentes em tubos de ensaio, em triplicata. Adicionou-se 30 µL de cada diluição nos tubos e acrescentou-se 3,0 mL do radical ABTS, homogeneizando-se. Esperou-se 6 minutos para realizar a leitura. Obtidas as absorvâncias e as concentrações, plotou-se os dados e determinou-se a equação da reta. Substituiu-se na equação obtida a absorvância equivalente a 1.000 µM do padrão trolox para obter o valor da diluição da amostra (mg/L). Em seguida, dividiu-se o valor obtido por 1.000 para obter o valor em gramas. O resultado final foi obtido a partir da divisão de 1.000 (µM) pelo valor em gramas multiplicado por um. Os resultados foram expressos em µM trolox/g de xarope (RUFINO et al., 2007a)

2.4.4 Captura do radical 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil (DPPH)

A metodologia empregada nesse estudo foi baseada na metodologia de Brand-Williams et al. (1995), com adaptações de Sánchez-Moreno et al. (1998). Preparou-se em ambiente escuro uma solução de DPPH 0,06 mM (dissolvido em metanol P.A.) em quantidade suficiente para a leitura da curva padrão de DPPH e para a leitura das amostras. Para elaboração da curva foram preparados em balões volumétricos de 10 mL diluições de 0 a 60 μ M, aferindo-os com metanol P.A. Em seguida, transferiu-se as soluções de cada diluição para cubetas de quartzo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 515 nm. Para calibrar o equipamento na leitura da curva e das amostras utilizou-se o metanol (RUFINO et al., 2007b).

A partir dos extratos previamente elaborados, foram transferidos para os tubos três diluições diferentes e em triplicata, onde foram utilizados uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição. Em seguida, foi adicionado 3,9 mL do radical DPPH e homogeneizado em agitador de tubos, sendo a leitura realizada imediatamente. Previamente à leitura das amostras, procedeu-se a leitura de uma solução controle (40 mL de álcool metílico 50%; 40 mL de acetona 70% e água destilada até completar volume de 100 mL).

As leituras das amostras foram monitoradas a cada minuto até obter um valor estável após três leituras consecutivas. Assim, os dados foram plotados a partir das absorbâncias e das concentrações obtidas. O valor de y foi substituído pela absorbância do controle/2 com a finalidade de encontrar o valor de Ec_{50} , esse que representa a quantidade necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH. Esse resultado foi expresso em g de xarpe/g de DPPH (RUFINO et al., 2007b).

2.4.5 Redução do ferro (FRAP)

Para a análise de redução de ferro, utilizou-se a metodologia inicialmente proposta por Benzie e Strain (1996) e modificada por Rufino et al. (2006). Primeiramente, elaborou-se a curva-padrão onde transferiu-se 90 μ L de solução de sulfato ferroso em diferentes concentrações (500 μ M, 1000 μ M, 1500 μ M e 2000 μ M) para tubos de ensaio. Adicionou-se 270 μ L de água destilada e 2,7 mL de reagente FRAP, homogeneizando-os em um agitador de tubos e mantendo-os em banho-maria à 37 °C por 30 minutos. As leituras foram realizadas em

espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 595 nm, utilizando como branco o reagente FRAP.

Para análise das amostras, foram preparadas três diluições diferentes em cada tubo de ensaio, em triplicata. Foram transferidos 90 µL das diluições dos extratos, adicionando-se 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP que foram homogeneizados e mantidos em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. As amostras foram lidas em espectrofotômetro à 595 nm. Toda a análise foi realizada em ambiente escuro.

Os dados foram plotados para determinar a equação da reta, onde foi substituído a absorbância obtida na equação. Posteriormente, dividiu-se por 1000 para obter valores em gramas. Assim, dividiu-se 1.000 pelo valor encontrado e, em seguida, multiplicado por 1. O resultado final foi expresso em µM de sulfato ferroso/g de xarope (PULIDO et al., 2000).

2.5 Açúcares

2.5.1 Açúcares Redutores

Para análise de açúcares redutores, utilizou-se o método descrito por Miller (1959), onde, primeiramente, fez-se uma curva padrão utilizando quatro concentrações diferentes de glicose com água, totalizando um volume de 1,5 mL; adicionou-se 1 mL do reagente DNS (3,5-Dinitro-Salicílico), levando-se os tubos para banho fervente em ebulição durante 5 minutos. Decorrido o tempo, deixou-se os tubos resfriando em banho de gelo e completou-se o volume com água destilada para 10 mL. O mesmo foi feito com os extratos das amostras elaborados a partir de 1 g da amostra dissolvido em água destilada para balão de 50 mL e filtrado. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 540 nm.

2.5.2 Açúcares Totais

Seguiu-se o método da antrona, segundo Yemn e Willis (1954). Esse método consiste na hidrólise de hexoses pelo ácido sulfúrico concentrado, que quando passa pelo processo de aquecimento sofre condensação e forma um produto de coloração verde.

Fez-se inicialmente uma curva padrão de glicose, onde foram retiradas alíquotas de 100, 200, 300 e 400 μL de solução padrão de glicose P.A. Em seguida, fez-se a transferência para tubos de ensaio rosqueados e fechados com tampa, em duplicata, completando com água destilada para 1 mL. Em seguida, adicionou-se 2 mL do reagente de antrona nos tubos com as alíquotas da solução de glicose em banho de gelo e agitados em seguida. Posteriormente, foram levados para banho-maria fervente a 100 °C durante 8 minutos. Passado o tempo, os tubos foram deixados em banho de gelo, esperando o material ficar à temperatura ambiente. O material utilizado como branco para zerar o espectrofotômetro foi elaborado com 1,0 mL de água destilada e 2 mL de antrona. Fez-se a leitura em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 620 nm.

Os extratos das amostras foram preparados pesando 1 g, com álcool etílico 80% para dissolvê-las, transferindo-se a mistura para um balão volumétrico de 100 mL, aferindo-o com álcool etílico 80%. Em seguida, retirou-se uma alíquota de 10 mL, transferiu-a para um balão de 50 mL, aferindo-a com água destilada. A solução foi filtrada com auxílio de papel filtro para um recipiente plástico. Todos os extratos foram armazenados sob forma de congelamento a - 18 °C por até um mês. Os resultados foram expressos em % de glicose.

2.6 Determinação de Oligossacarídeos totais

Esse método de determinação de oligossacarídeos tem como princípio a hidrólise da sacarose e maltossacarídeos de baixo grau de polimerização, em frutose e glicose, utilizando-se uma enzima específica que é a sacarase/maltase. A quantificação das glicoses e frutoses é realizada após o ajuste de pH, onde nessa etapa (A) elas são liberadas e a leitura da absorvância é feita à 340 nm. Posteriormente, a amostra foi tratada com a enzima frutanasase purificada com o intuito de hidrolisar os frutanos em frutose e glicose (B). Assim, a glicose e a frutose ali presentes na alíquota foram tratadas com: hexoquinase/fosfato-glicose, isômera/glicose 6-fosfato. Em seguida, foi realizada a leitura da amostra. A determinação dos frutanos das amostras foi realizada através da diferença entre os valores de B e A. Os resultados foram calculados segundo as fórmulas abaixo, sendo os resultados expressos em gramas de frutanos por 100 gramas de amostra (HORWITZ; LATIMER; GEORGE; 2010).

Eq. 2

$$\% \text{ Frutanos} = \Delta A_f \times F \times \frac{0,9}{0,2} \times V \times \frac{100}{W} \times \frac{1}{1000} \times \frac{162}{180}$$

Eq. 3

$$= \frac{\Delta A_f \times F \times V \times 2,025}{W}$$

Onde:

$$\Delta A_f = [\Delta (A_2 - A_1)_{\text{reação}}] - [\Delta (A_2 - A_1)_{\text{branco}}]$$

F = fator para converter o valor de absorvância para μg de frutose = $(50 \mu\text{g frutose}) / (\text{valor de absorvância } 50 \mu\text{g frutose})$.

5 = fator para converter 0,2 mL (utilizada no ensaio) para 1 mL

0,9/0,2 = 0,2 mL foi utilizado para 0,9 mL para digestão de enzimas nas amostras.

V = volume (mL) de extração utilizada (i.e. 100 ou 500 mL).

W = peso (mg) de amostra extraída.

100/W = fator para expressar frutanos como porcentagem de peso da amostra.

1/1000 = fator para converter μg para mg.

162/180 = fator para converter frutose e glucose livre, como determinada para anidrofrutose (e anidroglicose), como ocorre nas frutanos.

2.7 Análise Microbiológica

O xarope de yacon foi submetido à análise microbiológica de acordo com o manual FDA's Bacteriological Analytical Manual (ANDREWS; HAMMACK, 2006; FENG; WEAGANT, 2002), sendo realizadas análises de determinação de coliformes fecais (NMP/mL), determinação de *Escherichia coli*, contagem de fungos filamentosos e leveduras, como também de *Salmonella spp.* Toda a análise foi realizada em três repetições. Cada repetição foi constituída por cinco unidades amostrais. Os resultados das análises foram comparados segundo a Legislação nº 12 de 02 de janeiro de 2001, seguindo o ponto 17 que trata sobre "sucos, refrescos, refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas, excluindo os de base láctea e de chocolate (cacau e similares)", mais especificamente o item f) "xarope e preparado líquido para refresco", que exige a contagem de 10 NMP (Número mais provável)/mL para coliformes termotolerantes (35°C) (Brasil, 2001).

2.8 Análise Estatística

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) bem como a comparação de médias através do teste de Tukey, dos resultados das análises de estabilidade das amostras de xarope de yacon. Foi considerado estatisticamente significativo quando o $p < 0,05$. Assim, todos os resultados obtidos foram analisados a partir do programa Statistica 7.0.

Foi realizada a análise do coeficiente de correlação de Pearson (r^2) dos resultados de compostos bioativos. Esse mede o grau de relação linear (positiva ou negativa) e a magnitude da correlação (escala de 0 a 1). O coeficiente foi utilizado para correlacionar a quantidade de compostos fenólicos, vitamina C e de atividade antioxidante total. A magnitude das correlações foi classificada da seguinte maneira: quanto mais próximos os valores apresentaram-se de 1, mais forte foi a correlação linear entre as variáveis. Seguiu-se a escala de valores absolutos para o coeficiente de correlação de Pearson (r^2). Quando esse valor de r^2 apresentou-se entre 0,00 - 0,19 a correlação foi classificada como muito fraca; entre 0,20 - 0,39 foi classificada como fraca; entre 0,40 - 0,59 foi uma correlação moderada; entre 0,60 - 0,79 foi considerada forte e finalmente entre 0,80 - 1,0 foi considerada uma correlação muito forte (MUKAKA, 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estabilidade do xarope de yacon

Na Tabela 2 observa-se os valores obtidos a partir das análises de umidade, sólidos totais, cinzas, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, atividade de água (aW), proteínas, lipídeos, carboidratos, valor calórico, açúcares redutores e açúcares totais do xarope. Esse tipo de composição expressa o valor nutritivo dos alimentos como também a proporção dos componentes que são encontrados nos grupos homogêneos de substâncias nos alimentos (MORETTO, 2008).

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas e centesimal do xarope de yacon - Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Componentes	Tempo/ Resultados		
	0 dias	45 dias	90 dias
Umidade (%)	35,50 ^a ± 0,54*	33,86 ^b ± 0,43	32,31 ^c ± 0,14
Sólidos Totais (%)	64,49 ^c ± 0,54	66,13 ^b ± 0,43	67,68 ^a ± 0,14
Cinzas (%)	2,72 ^a ± 0,13	2,47 ^a ± 0,09	2,13 ^b ± 0,22
pH	4,06 ^a ± 0,08	4,02 ^a ± 0,04	4,01 ^a ± 0,001
Acidez Titulável (%)	2,45 ^c ± 0,02	2,98 00 ^b ± 0,018	3,05 ^a ± 0,003
Sólidos Solúveis (°Brix)	67,88 ^c ± 0,044	68,9 ^a ± 0,05	68,33 ^b ± 0,07
Aw	0,778 ^b ± 0,005	0,780 ^b ± 0,007	0,802 ^a ± 0,002
Proteínas	1,65 ^a ± 0,032	ND	ND
Lipídios	0,17 ^a ± 0,18	0,13 ^a ± 0,04	0,08 ^a ± 0,06
Carboidratos	59,80 ^c ± 0,55	63,53 ^b ± 0,37	65,47 ^a ± 0,27
Valor calórico (kcal)	247,99 ^a ± 2,23	255,32 ^a ± 1,49	262,62 ^a ± 1,11
Açúcares Redutores (%)	21,61 ^b ± 0,22	19,32 ^c ± 0,51	23,22 ^a ± 0,81
Açúcares Totais (%)	45,00 ^b ± 0,04	45,99 ^{ab} ± 0,73	46,57 ^a ± 0,58

*Resultados expressos em média e desvio padrão; ND = Não Detectável. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Os valores encontrados para umidade do xarope de yacon diferenciaram-se significativamente e foram 35,50, 33,86 e 32,31% (Tabela 2) para os tempos 0, 1 e 2, respectivamente, valores divergentes dos encontrados por Gilbertoni et al. (2006). Foram encontrados valores de 23,48 à 29,40, o que reflete a concentração do xarope obtido, visto que o xarope citado foi concentrado até 81 e 74,5° Brix, respectivamente. Além disso, observa-se que com o passar dos dias de armazenamento o xarope obteve uma leve perda de umidade para o ambiente, apresentando diferenças significativas quando comparado aos três tempos. Essa diminuição nos teores de umidade pode acabar por induzir um aumento em outras variáveis analisadas. Além disso, torna-se importante observar que mesmo o produto estando armazenado devidamente ainda há perda de umidade.

Quanto ao teor de sólidos totais, observa-se que o xarope apresentou valores de 64,49, 66,13 e 67,68% (Tabela 2) de acordo com o passar dos dias de armazenamento, divergindo dos valores encontrados para sólidos solúveis. Verificou-se ainda que com o passar dos dias de armazenamento o xarope aumentou o teor de sólidos totais como também o de sólidos solúveis, podendo ser reflexo da perda de umidade, apresentando-se diferentes

estatisticamente. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que a leitura realizada para sólidos solúveis é representada de forma aparente, enquanto que a de sólidos totais apresenta valores reais. Em outros estudos, observou-se valores superiores para sólidos totais em xaropes de yacon expressos em 70,60 e 76,52%, apresentando-se como um xarope mais concentrado do que o do presente estudo (GILBERTONI et al., 2006). Porém, foram encontrados valores inferiores em outros tipos de xarope, como o de cubiu com base de sacarose e com base de adoçantes, que apresentaram 55,76 e 12,87%, respectivamente (ANDRADE, 2006).

O teor de cinzas está incluído como um dos componentes centesimais dos alimentos. Quanto à análise de cinzas, a mesma demonstrou que o xarope de raízes obtido é composto por 2,72% (Tabela 2) no tempo zero, tendo uma leve redução com o passar dos dias, apresentando-se com 2,47% no primeiro tempo e 2,13% no segundo tempo, onde os tempos 0 e 1 apresentaram-se iguais estatisticamente e diferentes do tempo 2. Segundo Cecchi (2003), o teor de cinzas presentes nos alimentos representa os resíduos inorgânicos que permanecem logo após a incineração da matéria orgânica. Além disso, o teor de cinzas pode variar dentro do limite de 0,1% até 15% que irá depender do alimento analisado ou mesmo das condições que esse apresenta (MORETTO, 2008).

O valor de pH encontrado para o xarope com o passar dos dias de armazenamento (0, 45 e 90 dias) foi de 4,06, 4,02 e 4,01, respectivamente, não apresentando diferenças estatísticas entre os três tempos, indicando que o xarope permaneceu com essa característica inalterada. Valores superiores foram encontrados por Gibertoni et al. (2006) que, ao elaborarem o xarope de yacon, obtiveram valores de pH que variaram de 4,63 à 5,08. O resultado encontrado no presente estudo encontra-se semelhante aos valores obtidos para o xarope de cubiu com base de sacarose e de adoçante, onde os valores variaram de 3,76 e 4,24, respectivamente (ANDRADE, 2006). Em outro estudo realizado com méis, encontrou-se valores inferiores ao encontrado nesse estudo para méis de *Scaptotrigona depilis* (MOURE, 1942), variando de 3,3 à 3,4. Porém, o mel da *Tetragonisca angustula angustula* (LATREILLE, 1811) mostrou-se com resultados superiores, de 4,2 (OLIVEIRA et al., 2013.b).

A acidez titulável do xarope apresentou em média 2,45, 2,98 e 3,05%, diferenciando-se estatisticamente dos três tempos analisados (Tabela 2), resultado esse que diferenciou de outros xaropes como o obtido a partir do fruto de cubiu a base de adoçante, o qual apresentou acidez titulável de 4,69 % de ácido cítrico (ANDRADE, 2006). Assim, percebe-se que houve um aumento na acidez titulável do xarope com o passar dos dias de

armazenamento. Além disso, segundo Chim et al. (2013), a acidez é considerada como uma variável de grande importância em um produto, sendo um indicador de qualidade, pois as reações envolvidas no processo de decomposição dos alimentos (hidrólise, oxidação e fermentação) têm como produto compostos ácidos que aumentam a acidez do produto.

Esse aumento na acidez titulável está relacionado com a formação de ácidos orgânicos durante o armazenamento do xarope de yacon. Embora não tenha sido observado mudança no pH do produto, essa alteração na acidez titulável pode estar relacionado com a dissociação da vitamina C que diminuiu significativamente com o passar dos dias de armazenamento (como também com outros ácidos orgânicos que podem aparecer durante o armazenamento). Comportamento semelhante pode ser encontrado por outros autores com outros tipos de alimentos (VENDRAMINI; TRUGO, 2000; OLIVEIRA, 2012).

Para sólidos solúveis, observou-se que o xarope apresentou 67,88 °Brix, 68,9 °Brix e 68,33 °Brix nos tempos de 0, 45 e 90 dias, respectivamente, onde os três tempos apresentaram-se diferentes entre si (Tabela 2). Valores superiores foram encontrados por Gibertoni et al. (2006) com suco de yacon microfiltrado e, posteriormente, concentrado em um evaporador rotativo à vácuo apresentando 74,5 °Brix. Antes do processo de concentração, os sólidos solúveis do microfiltrado de yacon encontravam-se em 10,2 °Brix, concluindo que o permeado foi concentrado em 6,65 vezes do valor da sua concentração inicial.

Os valores encontrados de sólidos solúveis apresentam-se de acordo com as refinarias de cana de açúcar quando se tratam da produção de “sacarose líquida”, sendo essa uma solução de sacarose diluída e transparente, geralmente preparada por uma diluição de açúcar granulado atingindo de 67 à 70° Brix (MACRAE et al., 1993). Valores superiores também foram encontrados por Andrade (2006), sendo 84,71 °Brix para o xarope de camu a base de sacarose. O °Brix representa a medida de concentração similar em % de massa, sendo essa medida bastante utilizada para expressar as concentrações de carboidratos tanto em xaropes como em caldas e em sucos, uma vez que é muito utilizada pelas indústrias para monitoramento de produtos (MONTEIRO et al., 2013).

Para Atividade de água (A_w) nos tempos 0, 45 e 90 dias, observou-se os resultados de 0,778, 0,780 e 0,802, não havendo diferença estatística no tempo 0 e 45, mas apresentando diferença significativa no tempo 90 dias. Valores superiores foram encontrados em um estudo onde elaborou-se um produto concentrado a base de yacon, onde o mesmo apresentou atividade de água de 0,93 (TSUTSUMI, 2015). Observou-se também no estudo de Kotovicz et al. (2014), onde o yacon foi submetido a desidratação osmótica, atingindo 68 °Brix, que a atividade de água variou de 0,922 à 0,974.

Em alimentos frescos com atividade de água de 0,93 à 0,98, algumas bactérias deteriorantes de alimentos podem se desenvolver (se outros fatores não influenciarem nesse crescimento) (Ex. pH) (RODRIGUES, 2014). Porém, aqueles microrganismos deteriorantes de alimentos não crescem em A_w menor que 0,91, mas os mofo e as leveduras podem desenvolver-se em A_w em torno de 0,8, (JAY, 2005; AGUILERA; STANLEY, 1999). De acordo com a atividade de água encontrada no xarope, verificou-se que microrganismos deteriorantes de alimentos não podem se desenvolver. Essa atividade de água pode ser definida como a razão da pressão de vapor da água presente sob a pressão de vapor da água pura em um alimento sob a mesma temperatura (AHMED; RAMASWAMY; KHAN, 2005). Assim, essa está diretamente relacionada com as reações químicas que ocorrem nos alimentos, dentre elas o escurecimento enzimático, a oxidação, o crescimento microbiano, a atividade enzimática, dentre outras reações. Por isso, o teor de água livre presente nos alimentos é considerado um dos principais fatores que influenciam na estabilidade de um alimento, sendo que quanto maior for sua atividade de água, maiores serão as taxas de reações ocorridas (FENNEMA, 2010).

Para proteínas, o valor encontrado foi inicialmente de 1,65%, mas ao analisar o xarope com 45 e 90 dias verificou-se que as quantidades presentes no xarope foram indetectáveis. Pode-se encontrar relatos de xarope de yacon de duas diferentes variedades, CCLUNC 118 e AMM5123, com respectivamente, 1,3 e 1,0% de teor proteico, valores inferiores aos encontrados no tempo zero de armazenamento (MANRIQUE et al., 2005). Outros estudos com teores elevados de proteínas em xarope também foram encontrados, como no estudo de Geyer et al. (2008), onde o xarope elaborado apresentou 2,3% de proteínas. Solomon et al. (1999) relataram que a proteólise está associada a processos oxidativos promovidos pelas espécies reativas de oxigênio (EROS's), possivelmente sendo a causa da diminuição desse teores.

O teor lipídico identificado foi de 0,17, 0,13 e 0,08% para os tempos 0, 45 e 90 dias, respectivamente, inferior ao encontrado por Geyer et al. (2008), onde o xarope de yacon apresentou pequena porcentagem de lipídios com média de 0,4%. Além disso, observou-se que com o passar dos dias de armazenamento o xarope de yacon apresentou-se estável nessa variável, não havendo diferenças significativas entre os tempos avaliados.

Quanto ao teor de carboidratos, verificou-se que os resultados encontrados foram de 59,80, 63,53 e 65,47% nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente, apresentando-se diferentes estatisticamente entre si. Assim, verificou-se que com o passar dos dias o xarope aumentou o teor de carboidratos, sendo esse aumento decorrente da diminuição

nos teores de umidade do xarope, o que acaba por indicar uma maior porcentagem desse teores nas quantidades avaliadas.

O valor calórico apresentou-se com 247,99, 255,32 e 262,62 kcal nos mesmos tempos, os quais permaneceram iguais estatisticamente com o passar dos dias, sendo esses valores próximos ao encontrado por Manrique et al. (2005), onde para a variedade CCLUNC 118 encontrou-se o valor de 265 kcal, mas para a variedade AMM5123 encontrou-se o valor de 164 kcal, distanciando dos valores encontrados para o xarope de yacon. Os resultados de valor calórico nos tempos avaliados permaneceram iguais estatisticamente, provavelmente porque as alterações nas variáveis de proteínas, lipídios e carboidratos não foram tão divergentes. Além disso, observou-se que de acordo com o aumento nos teores de carboidratos há uma diminuição nos teores de proteínas e de lipídios.

Quanto aos valores obtidos através das análises de açúcares redutores, observou-se que o presente estudo apresentou nos tempos 0, 45 e 90 dias os valores de 21,61, 19,32 e 23,22%, respectivamente, mostrando que com o passar dos dias há uma mudança significativa nos teores de açúcares redutores, enquanto Gibertoni et al. (2006) encontraram valores que variaram de 22,73% à 26,38% de açúcares redutores em xarope elaborado a partir de yacon, sendo resultados superiores aos valores encontrados no presente trabalho, com exceção aos 90 dias, onde o xarope apresentou-se dentro da faixa de valores encontrados pelos autores citados (GILBERTONI et al., 2006).

Para açúcares totais, encontrou-se valores de 45,00, 45,99 e 46,57% no xarope obtido nos tempos 0, 45 e 90 dias. Pode-se perceber que não houveram diferenças significativas entre o tempo 0 e 45 dias e entre os tempos 45 e 90 dias, verificando-se um aumento significativo nos teores de sólidos solúveis, carboidratos, açúcares redutores e açúcares totais quando comparados ao primeiro tempo de estabilidade (0 dias). Observa-se junto a esse aumento uma diminuição nos teores de umidade, ou seja, o que ocorre no xarope é o processo de concentração, tornando o produto um pouco mais concentrado, visto que há perda de umidade para o ambiente.

3.2 Análise colorimétrica

A partir da Tabela 3 verificou-se os valores de L*, a*, b* obtidos através da análise colorimétrica realizada com as amostras do xarope de yacon.

Tabela 3 - Valores colorimétricos L*, a*, b* do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Componentes	Tempo/Resultados		
	0 dias	45 dias	90 dias
L*	82,39 ^b ± 0,27*	84,05 ^a ± 0,5	80,46 ^c ± 0,40
a*	1,048 ^b ± 0,08	0,378 ^c ± 0,09	1,71 ^a ± 0,06
b*	22,27 ^a ± 0,42	21,77 ^a ± 0,56	22,14 ^a ± 0,46
ΔE*	-	1,94 ± 0,65	3,19 ± 0,12

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Dentro da escala de 0 a 100 de luminosidade (0 representa o preto e o branco é representado pelo 100), o xarope apresentou-se com 82,39, 84,05 e 80,46 para o L* aos 0,45 e 90 dias, respectivamente, indicando que o xarope apresenta uma luminosidade alta com uma tendência mais clara por se aproximar do 100.

Quanto ao parâmetro a* que varia da tonalidade verde (quando negativo) à avermelhada (quando positivo), observa-se que o xarope possui a tonalidade mais avermelhada. Para a coordenada b* que indica a variação da coloração amarela (quando positiva) à azul (quando negativa), pode-se observar a tonalidade amarela no xarope.

Assim, o xarope de yacon apresentou-se com características cromáticas dentro do primeiro quadrante, expressando valores positivos para os parâmetros de a* e b*, ou seja, colorações vermelha amarelada (laranja), respectivamente.

Vale ressaltar que o parâmetro de cor possui grande importância, pois é um fator que influencia na aceitação do produto por parte do consumidor. Além disso, a partir desses parâmetros, torna-se possível identificar a coloração de forma objetiva do alimento analisado. Como o xarope apresentou valores positivos para os parâmetros a* e b*, podemos afirmar que o produto possui uma tonalidade alaranjada, o que é característico desse tipo de alimento.

Para os valores de ΔE, verificou-se que o xarope mostrou-se com valores de 1,94 e 3,19 para os tempos 45 e 90 dias, respectivamente, comparando com os valores encontrado em 0 dias, mostrando uma variação quanto ao primeiro tempo de estabilidade entre 1 e 3,3, o que mostra uma variação de cor clinicamente aceitável (ROSENSTRITT et al., 1998).

3.3 Determinação de Compostos bioativos

Os resultados obtidos a partir das análises de polifenóis extraíveis totais (PET), atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e Vitamina C podem ser observados a partir da Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante total do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Componentes	Tempos/Resultados		
	0 dias	45 dias	90 dias
PET (mg de PET / 100g de xarope)	195,27 ^a ± 0,638	114,77 ^c ± 0,65	119,81 ^b ± 0,89
ABTS (µM trolox/g de xarope)	12,00 ^a ± 0,64	8,74 ^b ± 0,79	5,86 ^c ± 0,57
DPPH (g xarope/g DPPH)	998,76 ^a ± 1,49	758,54 ^b ± 1,28	751,53 ^c ± 0,98
FRAP (µM sulfato ferroso/g de xarope)	211,17 ^a ± 0,69	133,57 ^b ± 0,48	119,9 ^c ± 0,27
Vitamina C (mg/100 g)	29,73 ^a ± 0,10	20,97 ^b ± 0,02	15,16 ^c ± 0,04

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Para os resultados da análise de compostos fenólicos, pode-se observar que o xarope apresentou 195,27, 114,77 e 119,81 mg de PET/100g de xarope aos 0, 45 e 90 dias, respectivamente, mostrando diferença significativa entre os três tempos de armazenamento. Assim, o xarope mostrou-se com alta concentração de compostos fenólicos quando comparado a outros xaropes, como o xarope de *Aloé* dos Frades que apresentou 1,61 µg de EAG/mg de extrato, o que equivale a 161 mg/100 g de extrato (SILVA, 2013), valor inferior ao encontrado no tempo 0 do xarope de yacon.

Para a análise de ABTS, pode-se encontrar o valor de atividade antioxidante total de 12, 8,74 e 5,86 µM trolox/g de xarope de yacon, considerando uma atividade antioxidante relativamente baixa e que com o passar do tempo há uma diminuição significativa desses valores. Essas diferenças entre resultados de atividade antioxidante pelos diferentes métodos supõe que há uma interferência de acordo com o tipo de solvente e polaridade utilizado nas diferentes metodologias, podendo influenciar na transferência de elétrons (BERGAMASCHI, 2010).

De acordo com os resultados obtidos nas análises de DPPH, foi possível verificar que o xarope de yacon apresentou 998,76, 758,54 e 751,53 expresso em g de xarope/g DPPH,

mostrando uma elevada atividade antioxidante de acordo com esse método, podendo ocorrer uma perda significativa dessa atividade com o passar dos dias. Esses resultados obtidos a partir da análise de DPPH podem ser expressos de três maneiras: utilizando a expressão em EC 50, μmol de Trolox/g de amostra ou mesmo por porcentagem de inibição. O EC 50 é uma das formas de expressar os resultados mais utilizados em pesquisas, sendo usado para expressar a concentração mínima necessária de uma amostra com compostos bioativos para redução de 50% dos radicais DPPH (PRADO, 2009).

Pode-se verificar que o xarope apresentou 210,11, 133,57 e 119,9 μM sulfato ferroso/g nos tempos de 0, 45 e 90 dias, respectivamente, de acordo com a análise de FRAP, onde se observa uma perda significativa da atividade antioxidante também por esse método.

O xarope de yacon mostrou-se com atividade antioxidante quando analisado pela metodologia de FRAP, maior que outros xaropes, como o xarope de tâmaras, onde as diferentes formulações variaram de 2,37 à 4,29 μM de Fe(III) / 100 g (ABEËS et al., 2013).

O resultado obtido a partir da análise de vitamina C foi de 29,73, 20,97 e 15,16 mg/100 nos tempos 0, 45, e 90, respectivamente (Tabela 2), apresentando-se diferentes estatisticamente entre si, mostrando que com o passar dos dias o teor de vitamina C reduz significativamente. Os valores recomendados pela FAO/OMS indicam que o consumo deve ser de 45 mg/dia, pois o xarope pode auxiliar a suprir parte dessa necessidade (FAO/OMS, 2001). Essa vitamina é considerado um potente antioxidante, pois apresenta uma elevada capacidade de eliminar diferentes espécies reativas do oxigênio como também possui capacidade de doar elétrons. Isso torna essa vitamina um agente redutor bastante eficiente nos sistemas biológicos (HERNÁNDEZ; LOBO; GONZÁLEZ, 2006; KAUR; KAPOOR, 2001). Outro benefício dessa vitamina está envolvido nos processos de formação e de manutenção do tecido conjuntivo, além de possuir ação imune (SPINOSA et al., 2002).

A redução significativa dessa vitamina pode estar associada a processos oxidativos, reações já relatadas por outros autores (VENDRAMINI; TRUGO, 2000). Além de ser bastante sensível à oxidação, essa vitamina também é sensível a outros fatores como ao calor, à luz e ao agente pró-oxidante que podem acabar reduzindo a sua atividade (LINDER & SCHAFTINGEN, 2007). Outros fatores ainda podem interferir na perda desse composto, como a forma de armazenamento, visto que o xarope foi armazenado em potes de vidro, o que por vezes deixa o xarope exposto à luz.

Ao observar os valores obtidos pelas análises das atividades antioxidantes, pode-se verificar uma diferença entre os valores obtidos de autores citados em outros trabalhos. Tal variação deve-se a vários fatores, dentre eles temos a utilização de outro gênero ou espécie, a

diferença de cultivar (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006), as condições climáticas, o estágio de maturação, a forma de armazenamento do alimento (ROCKENBACH et al., 2008; SOUSA, 2009) e a complexidade dos compostos antioxidantes presentes no produto (polaridade e solubilidade) (ROCKENBACH et al., 2008). Outros fatores que ainda podem influenciar são as metodologias de extração, o tipo de processamento, o tempo de estocagem, dentre outros.

Além disso, até a obtenção do xarope como produto final, o mesmo passa por várias etapas de processamento, podendo influenciar na composição dos compostos antioxidantes como a aplicação de calor, pois tal processo pode interferir na composição desses compostos (CHIPURURA; MUCHUWETI; MANDITSERAA, 2010). Outros autores também afirmam que alguns tipos de processos, como o de cocção, podem modificar os anéis aromáticos dos compostos fenólicos presentes no produto, acarretando reações de polimerização ou de degradação estrutural, reduzindo o teor de compostos fenólicos (GRANITO; BRITO; TORRES, 2007).

Torna-se importante ressaltar que pela diversidade dos fundamentos sobre antioxidantes, sobre tipos de compostos e sobre metodologias utilizadas, nenhum dos métodos existentes irá possibilitar a obtenção da atividade antioxidante total de um extrato de origem alimentar, sendo necessário utilizar duas ou mais técnicas para gerar uma maior segurança nos resultados analisados.

Na Tabela 5 encontram-se os coeficientes obtidos através da análise de correlação dos resultados de compostos bioativos. Pode-se observar que todos os compostos analisados apresentaram-se com uma correlação muito forte.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de análise de compostos bioativos.

	PET	VIT. C	ABTS	FRAP	DPPH
PET	-	-	-	-	-
VIT. C	0,91**	-	-	-	-
ABTS	0,93**	0,90**	-	-	-
FRAP	0,99**	0,96**	0,93**	-	-
DPPH	1,00**	0,93**	0,91**	0,99**	-

**Correlação significativa a $p < 0,01$.

Os coeficientes podem se distinguir pela sua direção, podendo ser positiva ou negativa, como também podem ser classificados pela sua magnitude, podendo ser forte ou fraca de acordo com a escala de 0 a 1. Observou-se elevada correlação entre todos os resultados obtidos de análises de compostos bioativos com todos os coeficientes maiores que 0,90, mostrando que a vitamina C e os compostos fenólicos estão correlacionados com a capacidade antioxidante total encontrada no xarope de yacon pelos diferentes métodos.

3.4 Análise Microbiológica

Observando-se a Tabela 6, verifica-se que as análises microbiológicas realizadas com o xarope de raízes yacon estavam em conformidade com o exigido pela Resolução – RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, onde seguiu-se o ponto 17 (BRASIL, 2001).

Tabela 6 - Estabilidade microbiológica do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análise Microbiológica	0 dias	45 dias	90 dias	RDC nº 12, 2001
<i>Salmonella</i> sp.	A	A	A	-
Coliformes a 35 °C (NMP/mL)	< 3	< 3	< 3	10
Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	< 3	< 3	< 3	-
Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)	1,42 x 10 ⁴	9,6 x 10 ³	1,02 x 10 ⁴	-
Bolores e Leveduras (UFC/mL)	1,6 x 10 ²	9,1 x 10 ²	6 x 10	-

*A = Ausência; - = Não exigido pela legislação.

Assim, pode-se observar que o xarope estava de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação, mostrando-se adequado para o consumo. Além disso, vale ressaltar que os alimentos podem ser classificados de acordo com o seu pH, podendo ser de baixa acidez (quando o pH encontra-se > 4,5), ácido (quando o pH encontra-se entre 4,0 e 4,5) e muito ácido (quando o pH encontra-se < 4,0). Esse tipo de classificação leva em consideração o pH mínimo necessário para a multiplicação e consequente produção de toxina do *Clostridium botulinum* (pH = 4,5), sendo o pH mínimo necessário para haver a multiplicação de outras bactérias (pH = 4,0) (JAY, 2005). Sabendo-se disso, o xarope pode ser considerado um alimento ácido, visto que o seu pH encontra-se na faixa de 4,0, favorecendo a qualidade e

a estabilidade microbiológica da bebida, tornando seguro seu consumo. Essa propriedade é utilizada pela indústria de alimentos com o intuito de preservar os alimentos, evitando o risco de deteriorar e atenuar os tratamentos térmicos (HOFFMANN, 2001). Além disso, o xarope de yacon é um produto microfiltrado e concentrado, apresentando-se com baixa umidade e baixa atividade de água, além de elevados teores de açúcares, o que favorece a sua estabilidade microbiológica.

3.5 Determinação de oligossacarídeos totais

Ao observar a tabela 7, pode-se verificar o resultado obtido para a análise de frutanos do xarope de yacon. A análise mostrou que o xarope apresentou 27,9, 22,87 e 20,73 g/100g de frutanos nos tempos 0, 45 e 90 dias, respectivamente. O xarope apresentou 31,90 g/100 g, 40,66 g/100 g e 44,74 g/100 g de carboidratos glicêmicos, respectivamente. Esses resultados mostram uma diminuição significativa do teor de frutanos com o passar dos dias e, conseqüentemente, com um aumento no teor de carboidratos glicêmicos.

Os frutanos do tipo inulina e fruto-oligossacarídeos destacam-se dentre os carboidratos prebióticos. Esses apresentam ainda a característica de possuir maior solubilidade do que a sacarose, apresentando ausência de coloração e odor. Porém, relata-se que esses frutanos possuem estabilidade quando em pH neutro (HIDAKA; HYRAYAMA, 2001). Isso pode ser observado a partir da estabilidade do xarope de yacon, pois os teores dos frutanos reduziram-se com o passar dos dias, provavelmente devido às condições de pH do mesmo, visto que esse possui um pH ácido.

Tabela 7 - Resultados das análises de frutanos e carboidratos glicêmicos do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Componentes	Tempos/ Resultados		
	0 dias	45 dias	90 dias
Frutanos	27,9 ^a ± 0,67	22,87 ^b ± 0,54	20,73 ^c ± 0,24
Carboidratos Glicêmicos	31,90 ^a ± 0,55	40,66 ^b ± 0,37	44,74 ^a ± 0,27

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Segundo Jovanovic-Malinovska; Kuzmanova e Winkelhausen (2014) há diversos fatores que podem influenciar nos níveis de oligossacarídeos presentes nos alimentos,

auxiliando na variação de acordo com o tipo do alimento, com a maturidade, com a sazonalidade, com o clima, com o tempo de armazenamento dos alimentos bem como sua temperatura, além do tipo de extração e de determinação de oligossacarídeos desse alimento.

Esses frutanos consistem em séries homologas de oligo e polissacarídeos de frutose provenientes da sacarose, onde podemos encontrar diferentes frutanos, variando de acordo com as ligações das unidades de frutose. Nas Asteraceae, onde comumente são encontradas as inulinas, o tipo de ligação predominante é β (2-1) (POLLOCK et al., 1996).

Devido aos elevados conteúdos de frutose livre e de FOS presentes nas raízes tuberosas de yacon, há uma grande indicação dessa raiz ser fonte de matéria-prima para a formulação de xaropes ricos em frutose e FOS (OHYAMA et al., 1990). Desse modo, foi importante identificar e quantificar os oligossacarídeos presentes no xarope de yacon para abrir um leque de estudos e de aplicação em matrizes de produtos alimentícios com a finalidade de aproveitar os benefícios oferecidos pelos oligossacarídeos.

Segundo a recomendação preconizada pela ANVISA (BRASIL, 2016), o consumo diário de produtos contendo fruto-oligossacarídeos, para fazer efeitos no organismo garantindo sua alegação funcional, é de no mínimo 5,0 g, não ultrapassando 30 g diárias de fruto-oligossacarídeos, sendo que a porção deve fornecer no mínimo 2,5 g de FOS. Assim, pode-se observar que aproximadamente 12,5 g de xarope de yacon já supriria a recomendação mínima por porção de fruto-oligossacarídeos indicada.

Porém, outros estudos mostram que com dose de 12,5 g por dia de fruto-oligossacarídeos durante 3 dias resultaram em efeitos significativos na diminuição de contagem dos microrganismos anaeróbios totais nas fezes. Notou-se ainda diminuição do pH e das concentrações de bile ácida e, conseqüentemente, um aumento da colonização das bifidobactérias no organismo (BOUHNİK et al., 1996).

O teor de carboidrato encontrado foi inferior ao de outro estudo, onde o xarope de yacon apresentou 67% de carboidratos e 37% de carboidratos simples, superior ao do xarope elaborado que mostrou-se com 31,9% de carboidrato glicêmico no tempo zero de estabilidade (GEYER et al., 2008). Porém, pode-se observar que com o passar dos dias de armazenamento houve perda no teor de frutanos, conseqüentemente, houve um aumento no teor de carboidrato glicêmico no xarope de yacon.

4 CONCLUSÃO

Verificou-se que o xarope de yacon apresenta-se com um pH ácido e valores elevados de açúcares, auxiliando na estabilidade microbológica do produto. Ao longo do período de estocagem (90 dias) foi verificado uma redução significativa da atividade antioxidante do produto, podendo estar associado às perdas de seus componentes fenólicos e vitamina C. Mesmo com essa diminuição, o xarope de yacon ainda apresenta-se com elevada atividade antioxidante total e elevados teores de compostos fenólicos. Embora o xarope de yacon tenha apresentado redução no teor de frutanos (cerca de 26%), o mesmo apresentou elevados teores desses compostos bioativos ao final dos 90 dias de estocagem, sendo considerado um alimento prebiótico de acordo com a legislação vigente. Dessa forma, o xarope de yacon pode ser incorporado em diversas matrizes alimentícias de forma segura, agregando valor nutricional e funcional ao produto final.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBÈS, F.; KCHAOUA, W.; BLECKER, C.; ONGENA, M.; LOGNAY, G.; ATTIA, H.; BESBES, S. Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p.634–642. 2013.
- AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. M. **Microstructural principles of food processing and engineering**. 2º ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen. 1999.
- AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; KHAN, A. R. Effect of water activity on glass transitions of date pastes. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 2, p.253-258, 2005.
- ANDRADE, M. P. Processamento, caracterização físico-química e aceitabilidade de xaropes obtidos de frutos de cubiu (*Solanun sessiliflorum dunal*) e camu camu (*Myrciaria dubia McVaugh*). 2006. 73f. **Dissertação** (Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos). Universidade Federal do Amazonas – Faculdade e Ciências Farmacêuticas. 2006.
- ANDREWS, W. H.; HAMMACK, T. S. **Salmonella**. In: UNITED STATES FOOD DRUG ADMINISTRATION. Bacteriological analytical manual online. 8. ed. Rockville: FDA. Chap. 5. p. 5.1-23, 2006.
- AOAC - Association of Analytical Chemistry, **Official methods of Analysis**. 15, Washington, 1990. 1115p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official methods of analysis**, v. 2, 16ª ed., 3ª rev. Gaitherburg: Publishedby AOAC International. 1997
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. v. 2, 16 ed. Arlington, 1995.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agroindustrial by products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, p. 191-203, 2006.
- BERGAMASCHI, K. B. Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento. 2010. 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2010.

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

BOUHNİK, Y.; FLOURIÉ, B.; RIOTTOT, M.; BISETTI, N.; GAILING, M-F.; GUIBERT, A.; BORNET, F.; RAMBAUD, J-C. Effects of fructo-oligosaccharides ingestion on fecal bifidobacteria and selected metabolic indexes of colon carcinogenesis in healthy humans. **Nutrition and Cancer**, v.26, n.1, p.2129, 1996.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Revoga portaria n. 451, de 19 de setembro de 1997. Resolução – **RDC n. 12, 2 de janeiro de 2001**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 10/01/2001, Brasília, 2001. Art. 4a , p. 1-48.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde**. 2016. Disponível em:<<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>>. Acesso em julho de 2017.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde – MS. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Diário Oficial da União, Poder executivo, 17 de dezembro de 2003, Brasília, 2003.

CAMPOS, D.; BETALLELUZ-PALLARDELA, I.; CHIRINOS, R.; AGUILAR-GALVEZ, A.; NORATTO, G.; PEDRESCHI, R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, 135, 1592-1599, 2012.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ª. ed. São Paulo: Editora da UNICAMP, 2003.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade da vitamina c em néctar de acerola sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.4, p.321-327, 2013.

CHIPURURA, B.; MUCHUWETI, M.; MANDITSERAA, F. Effects of thermal treatment on the phenolic content and antioxidant activity of some vegetables. **Asian Journal of Clinical Nutrition**, v. 2, n. 3, p. 93-100, 2010.

DIONÍSIO, A. P.; CARVALHO-SILVA, L. B.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. S.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; BRITO, E. S.; IONTA, M.; FIGUEIREDO, R. W. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, v. 77, p.171–176, 2015.

DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; MODESTO, A. L. G.; ARAÚJO, I. M. S.; PEREIRA, A. C. S.; GOES, T. S.; VIEIRA, N. M.; FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento de bebida prebiótica de caju e yacon**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. Embrapa Agroindústria Tropical – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 82.

FAO/OMS. **Human Vitamin and Mineral Requirements**. In: Report 7^a Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 2001. xxii + 286p.

FENG, P.; WEAGANT, S. D. **Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria**. In: United States Food Drug Administration. Bacteriological analytical manual online. 8. ed. Rockville: FDA. Chap. 4. p. 4.1-14, 2002.

FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4^aed. Porto Alegre: Artmed. 2010.

FRANCO, R. M.; OLIVEIRA, L. A. T.; CARVALHO, J. C. A. P. Probióticos – Revisão. **Revista Higiene Alimentar**, v.20, n.142, 2006.

FORSYTE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GEYER, M.; MANRIQUE, I.; DEGEN, L.; BEGLINGER, C. Effect of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on Colonic Transit Time in Healthy Volunteers. **Digestion**, v.78, p.30-33, 2008.

GIBERTONI, C. F.; NOGUEIRA, A.M.P.; VENTURINI FILHO, W.G. Ultra e microfiltração de suco de yacon (*Polymnia sonchifolia*) para obtenção de xarope rico em frutanos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 2, p. 68-81, 2006.

GRANITO, M.; BRITO, Y.; TORRES, A. Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed phaseolus lunatus. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 15, p. 2801-2809, 2007.

HERNÁNDEZ, Y.; LOBO, M.G.; GONZÁLES, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, v. 96, p. 654-664, 2006.

HIDAKA, H.; HIRAYAMA, M.; Usefull characteristics and commercial applications of fructoligossacharides, **Biochemical Society Transactions**, v.19, p. 561-565, 2001.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil alimentos**, nº 9, 2001.

HORWITZ, W.; LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. 2005. Current Through Revision 3, 2010. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2010. chapter 45, met. 999.03, p. 96-98.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL) - **Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. Ed. Porto alegre: Artmed, 2005. 711p.

JOVANOVIC-MALINOVSKA, R.; KUZMANOVA, S.; WINKELHAUSEN, E. Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods. **International Journal of Food Properties**, v. 17, p. 949–965, 2014.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 703-725, 2001.

KOTOVICZI, V.; ELLENDERSEN, L. S. N.; CLARINDO, M. M.; MASSON, M. L. Influence of process conditions on the kinetics of the osmotic dehydration of yacon (*Polymnia sonchifolia*) in fructose solution. **Journal of food processing and preservation**, n.38, p.1385–1397, 2014.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEONE, R. S. Estudo do processo de incorporação de lactobacillus casei lc-01 em yacon (*Smallanthus sonchifolius*) desidratado em flocos. 2014. 90 f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

LINSTER, C.; SCHAFTINGEN, E. V. Vitamin C: Biosynthesis, recycling and degradation in mammals. **FEEBS Journal**, v. 274, n. 1, p. 1-22, 2007.

MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. Syrups In: _____ (ed.) **Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition**. London: Library of Congress Cataloging-in Publication Data, Academic Press Limited, 1993. p.4497- 4503.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A.; HERMANN, M. **Conservación y uso de la biodiversidade de raíces y tubérculos andinos: Uma década de investigación para el**

desarrollo (1993-2003). 8B. Yacon syrup: Principles and processing. Potato Center, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Erbacher Foundation, Swiss Agency for Development and Cooperation. Lima, Peru. 3p. 2005.

MARTINS, M. L. R.; DELMACHIO, K. L.; CORDEIRO, A. A. Efeitos da utilização de *Smallanthus sonchifolius* (yacon) no tratamento de indivíduos com Diabetes Mellitus. *Ceres: Nutrição & Saúde*, v. 6, n.1, p. 35-43, 2011.

MCMEEKIN, T.A.; ROSS, T.; Shelf life prediction : status and future possibilities. *International Journal of Food Microbiology*. v.33, p. 65 – 83, 1996.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*, v. 31, p. 426-428, 1959.

MILLER, N. J.; DIPLOCK, A. T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, v. 84, p. 407-412, 1993.

MONTEIRO, M. A. A.; VAZ, E. L. S.; SAMPAIO, M. M.; LORENA, C. T.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A. Determinação de sacarose no xarope artificial de groselha por medidas de viscosidade: uma abordagem interdisciplinar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 3, p. 566-578, 2013.

MORETTO, E. **Introdução à ciência de alimentos**. 2.ed. Ampliada e revisada. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, v.24, n.3, p.69-71, 2012.

NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M. ZHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS^{•+} assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v.52, p.4669-4674, 2004.

NSONZI, F.; RAMASWAMY, H. S. Osmotic Dehydration Kinetics of Blueberries. *Drying Tech.*; v.16, p.725-41, 1998.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indication of kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v.74, p. 209-215, 1977.

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T.; ASAMI, T. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 36, p.167-171, 1990.

OJANSIVUA, I.; FERREIRAB, C. L.; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Food Science and Technology International.**, v. 22, n.1, p.40-46, 2011.

OLIVEIRA, G. O.; BRAGA, C. P.; FERNANDES, A. A. Improvement of Biochemical Parameters in Type 1 Diabetic Rats after the Roots Aqueous Extract of Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.)] Treatment. **Food and Chemical Toxicology**, v.59, p.256-260, 2013.a

OLIVEIRA, K. A. M.; RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G. V. Caracterização microbiológica, físico-química e microscópica de mel de abelhas canudo (*Scaptotrigona depilis*) e jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.3, p.239-248, 2013.b

OLIVEIRA, L. S. Avaliação do metabolismo antioxidante durante o desenvolvimento de frutos de clones de aceroleira e saptizeiro. 09 f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Bioquímica). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Biológicas, Departamento de Bioquímica e Biologia Celular. 2012.

PASCOAL, G. B.; FILISETTI, T. M. C. C.; ALVARES, E. P.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Impact of onion (*Allium cepa* L) fructans fermentation on the cecum of rats and the use of in vitro biomarkers to assess in vivo effects. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 1, n. 1, p. 89-97, 2013.

POLLOCK, C. J.; CAIRNS, A. J.; SIMS, I. M.; HOUSLEY, T. L. Fructans as reserve carbohydrates in crop plants. In: E. Zamski & A.A. Shaffer (eds). Photoassimilate distribution in plants and crops: source - sink relationships. **Marcel Dekker**, pp. 97-113. 1996.

PRADO, A. Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. 2009. 107 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2009.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnologia e higiene de la carne**. Zaragoza: Acríbia, 1994. 854 p.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p.3396-3402, 2000.

ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; CATANEO, C.; GONZAGA, L. V.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana* L. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.3, p. 271-276, 2008.

RODRIGUES, A. C. Desenvolvimento e avaliação de cheesecake light potencialmente funcional e simbiótico. 2014. 103 f. **Tese** (Doutorado Ciências da Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RODRIGUES, F. C.; CASTRO, A. S. A.; MARTION, H. S. D.; FERREIRA, C. L. L. F. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.70, n.3, p.290-5, 2011.a

ROSENTRITT, M.; ESCH, J.; BEHR, M.; LEIBROCK, A.; HANDEL, G. In vivo color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. **Quintessence international**, v. 29, n. 8, p. 517-522, 1998.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. Comunicado Técnico 128, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.a

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.b

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela pelo método de Redução do Ferro (FRAP). Comunicado Técnico 127, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-GIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and Antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.21, n.4, p.996–1002, 2010.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

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

SILVA, L. M. L. A Bioactividade do Xarope de Aloé Barbadensis Miller – Uma Antiga Receita de Frades Franciscanos. 89f. **Dissertação** (Mestrado em Química). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Química e Bioquímica. Lisboa. 2013.

SILVA, M. F. G. Desenvolvimento de uma rota tecnológica para obtenção de um produto funcional de yacon e suas implicações na saúde humana. 149f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Alimentos. 2017.

SOUSA, B. A. A. Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.). 2009, 118p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) –Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2009.

SOLOMON, M.; BELENGHI, B.; DELLEDONNE, M.; MENACHEM, E.; LEVINE, A. The involvement of cysteine proteases and protease inhibitor genes in the regulation of programmed cell death in plants. **Plant Cell**, v. 11, p. 431-443, 1999.

SOUZA FILHO, M.S.; LIMA, J.R.; SOUZA, A.C.R.; SOUZA NETO, M.A.; COSTA, M.C.; Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados, **Food Science and Technology**, v. 19, n.2, p. 211-213, 1999.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIAK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada a Medicina Veterinária**, terceira edição, ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 634- 635, 2002.

MCMEEKIN, T.A.; ROSS, T.; Shelf life prediction: status and future possibilities. **International Journal of Food Microbiology**. v.33, p. 65 – 83, 1996.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TORRES-VALENZUELA, L. S.; VILLAMIZAR, R.; ÁNGEL-RENDÓN, S. Stabilization of a functional refreshment from mango nectar and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) through spray drying encapsulation. **Functional Foods in Health and Disease**, v. 4, n. 2, p. 77- 86, 2014.

TSUTSUMI, N. P. Avaliação físico-química, microbiológica e aceitabilidade de um produto a base de raiz Yacon (*Smallanthus sonchifolius*), fonte de frutoligossacrídeos, em diferentes condições de armazenamento. 101f. **Dissertação** (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Tecnologia de Alimentos. 2015.

VENDRAMINI, A.L; TRUGO, L.C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**. v. 71, p. 195-198, 2000.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

**CAPÍTULO 3 – PRODUTO FUNCIONAL DE YACON E CAJU:
CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS**

1 INTRODUÇÃO

Há um crescente desenvolvimento de alimentos funcionais que auxiliam no aumento da expectativa de vida e no aumento da fidelização dos consumidores, visto que buscam a manutenção de uma vida saudável (KOMATSU et al., 2008).

O yacon é uma raiz que tem sido bastante estudada em virtude de suas propriedades funcionais (ALMEIDA et al., 2015), sendo considerada um suplemento alimentar por possuir um elevado teor de fruto-oligossacarídeos, classificado como um prebiótico. Esses compostos possuem a capacidade de modular seletivamente a composição da microbiota intestinal, promovendo um papel regulador no cólon, impedindo o crescimento de bactérias patogênicas (ROLIM, 2015; RAMAN et al., 2013).

Assim, pode-se considerar que o yacon é uma raiz de valor agregado, sendo utilizada na elaboração de diversos produtos (sucos, chás, xaropes, etc.) com a finalidade de usufruir das potencialidades desse alimento (MANRIQUE; HERMANN, 2004). Além disso, essa raiz possui característica espessante, geleificante (ASHURST, 2005; LAGO, 2010) e exerce propriedades medicinais (controle de glicemia, diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo, alívio da constipação intestinal, etc.) (AYBAR et al., 2001; SAAD, 2006).

Outro alimento rico em sua composição no aspecto funcional é o pedúnculo de cajueiro. O pedúnculo é bastante consumido na forma de sucos, néctares, compotas, entre outros (LIMA et al., 2014), gerando grandes quantidades de fibras. Esse pedúnculo possui propriedades nutricionais e apresenta elevadas quantidades de fenólicos, que são substâncias com elevado potencial antioxidante (ZEPKA et al., 2014).

A etapa de processamento de frutas em âmbito industrial acaba por gerar quantidades consideráveis de resíduos, dentre eles temos cascas, sementes e bagaços, gerando problemas ambientais (MAKRIS et al., 2007; RORIZ, 2012).

Um exemplo de subproduto da agroindústria é a fibra do pedúnculo de cajueiro, sendo muitas vezes descartado. Esse destino pode ser considerado pouco nobre, visto que esse resíduo é uma fonte de compostos funcionais, como os polifenóis e os carotenoides. Logo, esse produto possui um alto valor por causa de suas propriedades funcionais como também a vantagem de ser corante (ABREU, 2001).

Em alguns casos esses corantes naturais são tidos como desvantajosos em razão de sua baixa estabilidade e seu custo. Porém, quando comparados aos corantes artificiais, os naturais têm sido bastante utilizados durante anos e sem comprovações de malefícios a saúde de quem os consome. Assim, a substituição na indústria alimentícia de corantes artificiais por

naturais tem sido crescente, pois esses acabam por aumentar a aceitação por parte dos consumidores devido ao aspecto natural que os mesmos conferem (CONSTANT; STRINGUETA; SANDI, 2002).

Dentre os pigmentos naturais temos um dos mais importantes, os carotenoides. Esses são responsáveis pela coloração amarelo laranja como também vermelha dos alimentos em geral, como frutas, algas, leveduras, etc. (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Os carotenoides além de possuírem a característica de pigmento, possuem compostos que auxiliam a saúde ocular, o sistema imunológico, o desenvolvimento embrionário e a função epitelial. Além disso, estima-se que esses compostos suprem entre 30 à 100% das necessidades vitamínicas da população (FENNEMA, 2010).

Sabendo-se disso, torna-se importante desenvolver um produto com xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoides, proveniente das fibras residuais da industrialização do caju como fonte de compostos bioativos de interesse industrial (fruto-oligossacarídeos e carotenoides), além de incorporar esse produto em matrizes alimentares, como em iogurte e suco de caju, caracterizando-os por meio de análises químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da Matéria Prima

2.1.1 Xarope de yacon

As raízes *in natura* de yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] foram obtidas no mercado local no Município de Maracanaú – CE. Em seguida, foram processadas no Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical para obtenção do xarope de yacon.

2.1.2 Fibra de pedúnculo de cajueiro

As fibras de pedúnculos de caju, utilizadas para obtenção do extrato concentrado de carotenoides, foram obtidas a partir de uma indústria processadora de polpa de frutas.

2.2 Elaboração do xarope de yacon

As raízes de yacon foram lavadas e sanitizadas em água clorada com 200 ppm de cloro ativo. Em seguida, foram descascadas manualmente para serem cortadas em cubos de 1 cm³. Em seguida, os cubos das raízes foram imersos em solução de ácido cítrico a 2,4% w/v, com a intenção de inibir o processo de escurecimento enzimático causado pela polifenoloxidase encontrada na raiz tuberosa. Após oito minutos sob imersão, todos os cubos foram retirados da água (DIONÍSIO et al., 2013) e centrifugados em um misturador industrial. A polpa de yacon foi tratada com Celluclast® 1,5 L e Pectinex® Ultra SP-L (500 mg L⁻¹ de cada enzima) e filtrada em um sistema de microfiltração. Em seguida, o material foi concentrado para 68 °Brix sob vácuo (560 mmHg) e temperatura de 60 ± 5 °C. Posteriormente, foi armazenado a 5 °C e as amostras foram avaliadas em análises químicas, físicas, físico-químicas e microbiológicas.

2.3 Elaboração do extrato de carotenoides obtido a partir das fibras residuais da industrialização do caju

O extrato concentrado de carotenoides foi obtido a partir da fibra do pedúnculo de cajueiro macerada, sendo posteriormente prensada (prensa helicoidal - Incomap 300). Assim, um extrato de coloração amarela foi obtido e submetido à pré-filtragem em malha de aço inoxidável de 0,3 mm, com o intuito de remover partículas grandes presentes no extrato. Posteriormente, o extrato foi centrifugado para retirada do amido em excesso e armazenado sob congelamento à -20 °C. Em seguida, realizou-se a microfiltração do extrato em um sistema de membranas de cerâmica em óxido de alumínio (equipamento piloto) com 4 membranas monotubulares (MEMBRALOX Pall-Exekia) de área de filtração correspondente a 0,022 m² e de diâmetro médio de poro de 0,2 µm, com pressão transmembranar média de 2,75 bar e temperatura de 40 °C (± 2 °C). O extrato de carotenoides foi concentrado na parte retida da membrana. Posteriormente, o extrato foi pasteurizado à 80 °C durante 30 segundos, obtendo como produto final o extrato concentrado de carotenoides.

2.4 Caracterização físico-química

As análises foram realizadas separadamente para o xarope de yacon e para o extrato concentrado de carotenoides. Primeiramente, determinou-se o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras a partir de um pHmetro digital (Mettler JEMWA 3510pH) (IAL, 2008). Para determinação da acidez titulável seguiu-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). A acidez foi expressa em % de ácido cítrico para o xarope de yacon e em ácido málico para o extrato concentrado de carotenoides.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado a partir da leitura realizada com o auxílio de um refratômetro digital, modelo ATAGO Pocket Palm-3 (Japan), sendo os valores expressos em °Brix de acordo com Association of Official Analytical Chemists (1997).

Para determinação de vitamina C foi utilizada a metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Os resultados obtidos foram expressos em mg/100g. A atividade de água do xarope de yacon foi mensurado a partir da leitura direta na temperatura de 25 °C em um higrômetro termoconstante elétrico, modelo AQUA LAB CX-2 (BRASEQ – Brasileira de equivalente), de acordo com a metodologia 978.18 descrita pela AOAC (1990).

Para determinação de cinzas, as amostras foram pesadas em cápsulas de porcelana taradas anteriormente, carbonizadas em chapa elétrica e incineradas em forno mufla a 550 °C durante 3 horas. Posteriormente, foram resfriadas em dessecador por 30 minutos e pesadas até obter peso constante (IAL, 2008).

Para análise de sólidos totais, inicialmente, todas as amostras foram pesadas em cápsulas de metal previamente taradas. As mesmas foram colocadas para secagem direta em estufa aquecida a 105 °C durante 3 horas. Em seguida, colocou-as para resfriar em dessecador por meia hora e pesadas até obter peso constante (IAL, 2008).

A análise colorimétrica foi realizada a partir de um colorímetro digital Konica Minolta, modelo Chroma Meter CR-410 (Japão), onde a apresentação e visualização de resultados foi realizada por meio do espaço de cor CIELAB, utilizando um sistema tridimensional. Nesse sistema, L* representa a luminosidade (do preto ao branco), a* consiste no eixo que varia do vermelho (mais positivo) ao verde (mais negativo) e b* varia do amarelo (mais positivo) ao azul (mais negativo) (PRANDL et al., 1994). O cálculo da diferença absoluta de cor (ΔE) de L*, a* e b* em relação ao padrão (primeiro tempo de estabilidade) é obtido através da equação (NSONZI; RAMASWAMY, 1998):

$$\Delta E = \left[\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \right]^{1/2}$$

Onde:

$$\Delta L = L^* - L_0^*$$

$$\Delta a = a^* - a_0^*$$

$$\Delta b = b^* - b_0^*$$

Essa variação de cor (ΔE) é classificada, segundo Rosenstritt et al. (1998), como alteração de cor não perceptível quando encontra-se menor que 1; alteração de cor considerada clinicamente aceitável quando encontra-se entre 1 e 3,3; e considera-se com alteração de cor com significância clínica quando maior que 3,3.

Para análise de açúcares redutores, utilizou-se o método descrito por Miller (1959). A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 540 nm. Para açúcares totais, seguiu-se o método da antrona, segundo Yemn e Willis (1954). A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 620 nm. Os resultados foram expressos em % de glicose.

Para determinação de umidade, seguiu-se a metodologia segundo a AOAC (1997). Em seguida, determinou-se o teor de proteínas seguindo a metodologia de Kjeldahl, onde os resultados foram expressos em nitrogênio total (AOAC, 1995). Posteriormente, os resultados foram convertidos de nitrogênio total para proteína utilizando o fator de conversão de 5,75, de acordo com a RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003), para proteínas vegetais.

Para determinação de lipídios, utilizou-se o método de extração à quente através do Soxhlet (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em %. Os carboidratos foram determinados segundo a AOAC (1997) a partir da diferença entre o total da amostra, que representa os 100%, e os valores obtidos a partir das análises de lipídeos, proteínas, umidade e cinzas. O teor de oligossacarídeos foi determinado segundo Horwitz et al. (2010). Por fim, determinou-se o valor calórico dos produtos a partir do cálculo das médias aritméticas dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios e multiplicando por 4 kcal/g, 4 kcal/g e 9 kcal/g, respectivamente, de acordo com os valores de conversão de Atwater (BRASIL, 2003).

2.5 Análise Microbiológica

O xarope de yacon e o extrato concentrado de carotenoides foram submetidos à análise microbiológica de acordo com o manual FDA's Bacteriological Analytical Manual (ANDREWS; HAMMACK, 2006; FENG; WEAGANT, 2002), sendo realizadas análises de determinação de coliformes fecais (NMP/mL), determinação de *Escherichia coli*, contagem de fungos filamentosos e leveduras, como também de *Salmonella spp.* Toda a análise foi realizada em três repetições, sendo cada repetição constituída por cinco unidades amostrais. Os resultados das análises foram comparados segundo a Legislação nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

2.6 Determinação da Capacidade Antioxidante

2.6.1 *Elaboração do Extrato para análises de Compostos bioativos*

O extrato foi elaborado a partir de adaptações de Larrauri et al. (1997), onde utilizou-se 1 g da bebida elaborada de yacon e caju diretamente no tubo de centrifuga, adicionando-se 4 mL de metanol 50%, homogeneizando e cobrindo-o com papel alumínio, deixando em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e ao abrigo de luz. Posteriormente, foi centrifugado a 15.000 rpm durante 15 minutos, filtrando-se o sobrenadante em um papel de filtro diretamente para um balão volumétrico de 10 mL âmbar coberto com papel alumínio. No resíduo adicionou-se 4 mL de acetona 70%, homogeneizou-o e colocou-o em repouso durante 60 minutos. Posteriormente, foi centrifugado a 15.000 rpm durante 15 minutos, filtrando-se o sobrenadante para o mesmo balão volumétrico, aferindo-o com água destilada (RUFINO et al., 2010). Todas as análises foram realizadas com o xarope de yacon e com o extrato concentrado de carotenoides.

2.6.2 *Polifenóis Extraíveis Totais (PET)*

Seguiu-se a metodologia conforme descrito por Larrauri et al. (1997) e Obanda; Owuor (1977). Inicialmente, foi preparada a curva padrão do ácido gálico que utiliza uma solução inicial na concentração de 100 µg/mL, fazendo diluições sucessivas retirando de 10 até 50 mL da solução inicial, resultando em concentrações de 0 a 50 µg/mL. Posteriormente,

adicionou-se 1 mL de cada diluição em tubos de ensaios juntamente com Follin Ciocalteau (1:3), 2 mL do carbonato de sódio 20% e 2 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada em um agitador de tubos e deixada para repousar por 30 minutos.

Passado o tempo, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a partir de cubetas de quartzo em absorvância de 700 nm. Utilizou-se como o zero a água destilada. Finalmente, os dados das absorvâncias e suas concentrações foram plotados em planilha, onde as concentrações de ácido gálico (μg) localizam-se no eixo X e as respectivas absorvâncias no eixo Y para prosseguir o cálculo da equação da reta.

2.6.3 Captura do radical 2,2 Azino bis (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid (ABTS)

Esse método de análise através do sequestro do radical ABTS - 2,2'-Azinobis-bis (3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) foi primeiramente proposto por Miller et al. (1993) e seguido de algumas modificações sugeridas por Rufino et al. (2007a).

Para preparo da curva em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 30 μL das soluções de trolox (100 μM , 500 μM , 1.000 μM , 1.500 μM e 2.000 μM) para tubos de ensaios e, em seguida, adicionou-se 3,0 mL de solução do radical ABTS em agitador de tubos; homogeneizou-se e realizou-se a leitura após 6 minutos em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 734 nm, utilizando álcool etílico como branco (RUFINO et al., 2007a). Plotou-se os dados de concentração e absorvâncias em gráfico de dispersão, obtendo-se a equação da reta (NENADIS et al., 2004).

A partir do extrato elaborado, preparou-se três diluições diferentes em tubos de ensaio, em triplicata. Adicionou-se 30 μL de cada diluição nos tubos e acrescentou-se 3,0 mL do radical ABTS, homogeneizando-o. Esperou-se 6 minutos para realizar a leitura. Obtida as absorvâncias e as concentrações, plotou-se os dados e determinou-se a equação da reta. Substituiu-se na equação obtida a absorvância equivalente a 1.000 μM do padrão trolox para obter o valor da diluição da amostra (mg/L). Em seguida, dividiu-se o valor obtido por 1.000 para obter o valor em gramas. E o resultado final foi obtido a partir da divisão de 1.000 (μM) pelo valor em gramas multiplicado por um. Os resultados foram expressos em μM trolox/g de fruta (RUFINO et al., 2007a).

2.6.4 Captura do radical 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil (DPPH)

A metodologia empregada nesse estudo foi baseada em Brand-Wiliams et al. (1995), com adaptações de Sánchez-Moreno et al. (1998). Foi preparada, em ambiente escuro, uma solução de DPPH 0,06 mM (dissolvido em metanol P.A.) em quantidade suficiente para a leitura da curva padrão de DPPH e para a leitura das amostras. Para elaboração da curva foi preparado em balões volumétricos de 10 mL diluições de 0 a 60 μ M, aferindo-os com metanol P.A. Em seguida, transferiu-se as soluções de cada diluição para cubetas de quartzo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) a 515 nm. Para calibrar o equipamento na leitura da curva e das amostras utilizou-se o metanol PA (RUFINO et al., 2007b).

A partir dos extratos previamente elaborados foram adicionados em tubos três diluições diferentes e em triplicata, onde foram utilizados uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição, sendo adicionado 3,9 mL do radical DPPH, homogeneizando em agitador de tubos e realizando a leitura imediatamente. Previamente à leitura das amostras foi procedida a leitura de uma solução controle (40 mL de álcool metílico 50%; 40 mL de acetona 70% e água destilada até completar volume de 100 mL).

As leituras das amostras foram monitoradas a cada minuto até obter um valor estável após três leituras consecutivas. Assim, pode-se plotar os dados a partir das absorbâncias e das concentrações obtidas. O valor de y foi substituído pela absorbância do controle/2 com a finalidade de encontrar o valor de E_{c50} , que representa a quantidade necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH. Esse resultado foi expresso em g de alimentos/g de DPPH (RUFINO et al., 2007b).

2.6.5 Redução do ferro (FRAP)

Para a análise de redução de ferro foi utilizado a metodologia inicialmente proposta por Benzie e Strain (1996) e modificada por Rufino et al. (2006). Primeiramente, elaborou-se a curva-padrão, onde transferiu-se 90 μ L de solução de sulfato ferroso em diferentes concentrações (500 μ M, 1000 μ M, 1500 μ M e 2000 μ M) para tubos de ensaio. Adicionou-se 270 μ L de água destilada e 2,7 mL de reagente FRAP, homogeneizou-se em um agitador de tubos mantendo-o em banho-maria à 37 °C por 30 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 595 nm, utilizando como o branco o reagente FRAP.

Para análise das amostras foram preparadas três diluições diferentes em cada tubo de ensaio, em triplicata. Foram transferidos 90 μL das diluições dos extratos, adicionando-se 270 μL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP; homogeneizou-se e foi mantido em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) à 595 nm. Toda a análise foi realizada em ambiente escuro.

Os dados foram plotados para determinar a equação da reta, onde foi substituído a absorbância obtida a partir das leituras das amostras na equação da reta. Posteriormente, dividiu-se por 1000 para obter valores em gramas. Assim, foi dividido 1.000 pelo valor encontrado e em seguida multiplicado por 1. O resultado final foi expresso em μM de sulfato ferroso/g de fruta (PULIDO et al., 2000).

2.6.6 Carotenoides

A metodologia utilizada para analisar o conteúdo de carotenoides, proposta por Higby (1962), foi empregada apenas para analisar o extrato concentrado de carotenoides. Separou-se em um tubo de centrífuga 10 mL da amostra e adicionou-se 30 mL de álcool isopropílico juntamente com 10 mL de hexano. Em seguida, agitou-se o material durante 1 minuto no Turrax a 700 rpm. Decorrida a agitação, o material foi transferido para um funil de separação, coberto com papel alumínio de 125 mL, completando o volume com água e deixando a amostra em descanso durante 30 minutos. Repetiu-se esse procedimento com lavagens seguidas por 3 vezes, deixando sempre descansar por 30 minutos para, posteriormente, o conteúdo ser filtrado para um balão volumétrico de 50 mL envolto com papel alumínio. Em funil posto no balão volumétrico adicionou-se algodão e sulfato de sódio anidro P.A. Completou-se o volume do balão adicionando com 5 mL de acetona e aferiu-o com hexano. Fez-se ainda um material para zerar o espectrofotômetro (branco), onde o mesmo era composto por 5 mL de acetona e 45 mL de hexano. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Cary 50 Bio – Varian UV-Visible spectrophotometer) com comprimento de onda de 450 nm. A partir dos resultados os valores foram expressos em $\mu\text{g/g}$.

2.7 Elaboração de produto funcional de yacon e caju

O produto funcional de yacon e caju foi composto por xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoides. A quantidade de xarope de yacon utilizada foi sempre 40 g de

xarope para 200 g do produto a ser adicionado. A partir dessas quantidades fez-se a adição do extrato concentrado de carotenoides para obtenção do produto funcional de yacon e caju como produto final.

Foram realizadas 7 formulações desse produto funcional de yacon e caju para a primeira análise sensorial com um grupo de foco. O produto foi elaborado a partir da adição do extrato concentrado de carotenoides no xarope de yacon em diferentes porcentagens (10, 12,5, 15, 17,5, 20, 30 e 40% de extrato no xarope). Em seguida, foi feita a homogeneização e a adição no produto de interesse.

Para as outras análises sensoriais que ocorreram em seguida, utilizou-se apenas duas formulações do produto funcional de yacon e caju. A primeira formulação foi composta de 10% de extrato de carotenoides adicionado no xarope de yacon e homogeneizado. A segunda formulação foi composta de 20% de extrato concentrado de carotenoides no xarope de yacon e homogeneizado.

2.8 Aplicações em alimentos do produto funcional de yacon e caju

O experimento foi conduzido de acordo com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e o Conselho Nacional de Saúde, Resolução nº466 de 12 de Dezembro de 2012. O protocolo foi aprovado pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, CE, Brasil, com o número de parecer 1.634.748. de 12 de Julho de 2016.

Cada participante recebeu detalhadamente os esclarecimentos acerca da pesquisa. Após esse procedimento, os sujeitos da pesquisa tiveram acesso ao Termo Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, os quais assinaram e foram conscientes em participar do estudo.

O produto funcional de yacon e caju foi submetido à 3 diferentes tipos de análises sensoriais. A primeira análise foi de aceitação de aparência realizada com treze participantes (grupo focal), adicionando os produtos em iogurte natural. A segunda análise sensorial foi realizada com 52 provadores, aplicando os produtos também em iogurte. A terceira análise sensorial foi realizada com 52 provadores, aplicando os produtos em um suco elaborado de caju.

2.8.1 Análise Sensorial de iogurte integral comercial adicionado de produto funcional de yacon e caju

2.8.1.1 Análise de aparência: Grupo de Foco (Iogurte natural adicionado do produto funcional de yacon de caju)

Primeiramente, realizou-se uma análise sensorial de aparência com um grupo focal contendo treze participantes previamente selecionados, onde foram apresentadas sete formulações diferentes de iogurte natural produto funcional de yacon e caju; essas formulações diferenciaram-se apenas na concentração de extrato concentrado de carotenoides. A finalidade dessa análise sensorial foi de verificar apenas a aceitação da coloração (aparência) de sete diferentes formulações adicionadas dos produtos elaborados.

As amostras foram dispostas com codificação aleatória de três dígitos de forma monádica. Além disso, foram dispostas em placas de vidro, em ambiente iluminado e isento de interferentes sensoriais. Assim, logo após a análise sensorial de aparência seguindo a escala hedônica das amostras, pediu-se para que os participantes associassem as amostras à algum alimento de acordo com a sua coloração. As concentrações do extrato concentrado de carotenoides utilizados no produto funcional de yacon e caju nas sete amostras foram de 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 30 e 40% em relação à quantidade adicionada de xarope de yacon (40 g de xarope para 200 g de iogurte).

Para escores do atributo de aceitação de aparência, seguiu-se a escala hedônica estruturada de nove pontos, que variou de desgostei muitíssimo (1) à gostei muitíssimo (9) (MEILGAARD et al., 1987).

2.8.1.2 Análise Sensorial: 52 Julgadores (Iogurte natural adicionado do produto funcional de yacon e caju)

Posteriormente, foi realizada outra análise sensorial com 52 julgadores do iogurte (natural comercial) adicionado de produto funcional de yacon e caju. Foram preparadas quatro formulações (A, B, C e D): a formulação A foi composta apenas de iogurte e a formulação B composta de iogurte com xarope de yacon na proporção de 40 g de xarope para cada 200 g de iogurte. A proporção utilizada para xarope de yacon e iogurte foi sempre a mesma nas formulações B, C e D. Para a adição do extrato concentrado de carotenoides para a

formulação C, adicionou-se o produto funcional de yacon e caju com 10% de extrato e na formulação D, adicionou-se o produto funcional de yacon e caju com 20% do extrato concentrado de carotenoides.

As formulações foram servidas refrigeradas em copos plásticos de 50 mL. A análise foi realizada em cabines individuais e foi utilizada a escala hedônica estruturada de nove pontos, que variou de desgostei muitíssimo (1) à gostei muitíssimo (9). Os atributos avaliados foram aparência, aceitação global e aceitação de textura (MEILGAARD et al., 1987). Avaliou-se ainda a intenção de compra das amostras, seguindo a escala de 1 (certamente não compraria) à 5 (certamente compraria) (MINIM, 2009).

Avaliou-se o Índice de Aceitabilidade (IA) das amostras, esse que é considerado com boa repercussão quando maior que 70% (DUTCOSKY, 2009). Adotou-se a expressão de:

Eq. 1

$$IA(\%) = \frac{A \times 100}{B}$$

Onde:

A = escore média obtida para as formulações

B = escore máxima dada ao produto.

Em seguida, avaliou-se a textura instrumental das formulações de iogurtes através do Texturômetro, marca Texture Analyser Icon na Update of the TA_XTEi , onde utilizou-se o software Exponent Lite Express. Seguiu-se a análise utilizando a velocidade do pré-teste, do próprio teste e do pós-teste de 2 mm/segundo; a distância utilizada foi de 0 mm, o tempo foi de 5 segundos, a força utilizada foi de 5 g com distância de 2 mm e a “probe” (objeto de aplicação da força) utilizada foi a cilíndrica. Essa técnica que foi utilizada consiste em um teste que comprime duas vezes, em movimentos alternados, a porção de alimento desejada através de uma probe cilíndrica que possui como finalidade imitar a ação da mandíbula (BOURNE, 1982).

Realizou-se ainda análises de pH (IAL, 2008), sólidos solúveis (AOAC, 1997), acidez titulável (IAL, 2008), relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares totais (MILLER, 1959) e redutores (YEMN; WILLIS, 1954), atividade de água (AOAC, 1990) e

análise colorimétrica das formulações. O iogurte não foi submetido a análise microbiológica por ser de origem comercial e encontrar-se armazenado de forma adequada.

2.8.2 Análise Sensorial de suco de caju adicionado do produto funcional de yacon e caju

2.8.2.1 Elaboração de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju

Os pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.) utilizados (CCP 76) foram obtidos no campo experimental da Embrapa em Pacajus – CE. A colheita foi realizada nas horas onde a temperatura era mais amena (no início da manhã), realizando uma leve torção para soltar o pedúnculo do ramo da panícula (se o pedúnculo se apresentasse resistente para soltar-se era sinal de que ainda não estava pronto para ser colhido) (MOURA et al., 2013).

Os frutos escolhidos encontravam-se em maturação adequada, não apresentando contaminações aparentes, podridões ou lesões físicas na casca e amassamento. O descastanhamento foi realizado ainda no campo, onde utilizou-se um fio de náilon transpassado na região de inserção da castanha e do pedúnculo, tencionando-o até o desprendimento da castanha sem a dilaceração do pedúnculo (PAIVA; NETO, 2010).

Após a colheita, ainda no campo, os pedúnculos foram pré-selecionados para evitar o envio desses para o galpão contendo algum tipo de doença (MOURA et al., 2013).

Assim que os cajus chegaram do campo foram sanitizados (Figura 2), pois geralmente apresentam uma carga microbiana elevada devido ao contato com as caixas coletoras contaminadas, o contato da caixa no chão, a manipulação, etc.

Assim, os frutos foram imersos durante 20 minutos em solução de hipoclorito de sódio na concentração de 200 ppm de cloro ativo (PAIVA; NETO, 2010). Utilizou-se a prensa “expeller” para obter o suco. Logo após a prensagem dos pedúnculos, realizou-se a filtração preliminar do sumo com a finalidade de eliminar aqueles resíduos de fibras de tamanhos maiores. Em seguida, armazenou-se a polpa à temperatura de -18°C (PAIVA; NETO, 2010) até o dia de elaboração das bebidas.

Figura 2 - Pedúnculos do CCP76 imersos em solução clorada com 200 ppm de cloro ativo. Pacajus, CE



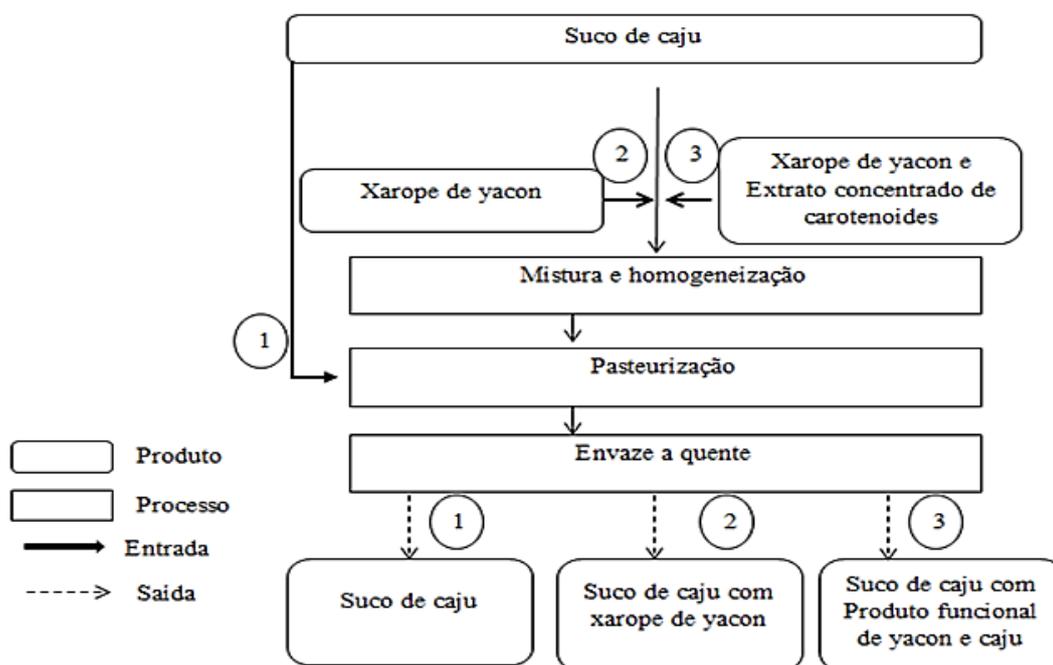
FONTE: AUTOR, 2017.

Na Figura 3, observa-se o fluxograma de processamento seguido para a elaboração dos sucos de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju (xarope de yacon com extrato concentrado de carotenoides).

Inicialmente, foram formulados 4 sucos: a formulação 1 foi composta apenas de suco de caju, a formulação 2 foi composta por suco de caju e xarope de yacon (proporção de 40g de xarope para cada 200g de suco), a formulação 3 e 4 foram compostas por suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju. As formulações 3 e 4 diferenciaram-se apenas da concentração adicionada de extrato concentrado de carotenoides no xarope de yacon, adicionando 10% de extrato concentrado de carotenoides na formulação 3 e 20% de extrato concentrado de carotenoides na formulação 4. A concentração de xarope de yacon não modificou as formulações 2, 3 e 4, apenas as concentrações do extrato concentrado de carotenoides.

As formulações de suco foram submetidas ao tratamento térmico, onde foi utilizado o trocador tubular Armfield FT74X. O binômio tempo x temperatura utilizado correspondeu a 60 segundos na temperatura de 90 °C. Em seguida, transferiu-se a bebida para garrafas de vidro de 200 mL anteriormente higienizadas com cloro 200 ppm. Na Figura 3, pode-se observar o fluxograma da preparação das formulações.

Figura 3 - Fluxograma de processamento de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju



FONTE: AUTOR, 2017.

Realizado o enchimento das garrafas, as mesmas foram mantidas sob refrigeração ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento de realização das análises, sendo essas condições suficientes para a não proliferação de possíveis microrganismos patogênicos e deteriorantes (DIONÍSIO et al., 2013).

2.8.2.2 Análise sensorial: 52 Julgadores (Suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju)

Avaliou-se a aceitabilidade dos sucos formulados compostos de suco de caju e produto funcional de yacon e caju (Formulações 1, 2, 3 e 4). As bebidas foram submetidas à análise sensorial por 52 julgadores não treinados. As bebidas foram servidas refrigeradas, em copos plásticos de 50 mL, juntamente com água e biscoito para limpar o paladar.

A análise foi realizada em cabines individuais, utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos, que variou de desgostei muitíssimo (1) à gostei muitíssimo (9). Os atributos avaliados foram aparência, aceitação global e aceitação de textura (MEILGAARD et al., 1987). Avaliou-se ainda a intenção de compra das formulações de suco,

seguindo a escala de 1 (certamente não compraria) à 5 (certamente compraria) (MINIM, 2009).

Também foram analisados os teores de pH (IAL, 2008), sólidos solúveis (°Brix) (AOAC, 1997), acidez titulável (%) (IAL, 2008), relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares totais (%) (MILLER, 1959) e redutores (%) (YEMN; WILLIS, 1954), atividade de água (AOAC, 1990), análise colorimétrica e análise microbiológica das formulações. Essas análises foram realizadas com o intuito de verificar as mudanças nessas principais variáveis com a adição do produto funcional de yacon e caju.

2.9 Análise Estatística

Realizou-se a análise de variância (ANOVA), bem como a comparação de médias através do teste de Tukey, dos resultados das análises das formulações entre si. Além disso, realizou-se o teste T de *Student* com finalidade de comparação das formulações de suco antes e após a pasteurização. Foi considerado estatisticamente significativo quando o $p < 0,05$. Assim, todos os resultados obtidos foram analisados a partir do programa Statistica 7.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do xarope de yacon

Na Tabela 8, pode-se observar os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas do xarope de yacon, obtendo-se a caracterização do mesmo. Assim, pode-se verificar que o xarope de yacon apresentou valores de umidade de 35,50% (esse valor mais baixo deve-se ao fato do xarope ser um produto concentrado).

Quanto ao teor de sólidos totais, pode-se observar que o xarope apresentou valor de 64,49%. Para o teor de cinzas, observou-se que o mesmo apresentou 2,72%. O valor de pH encontrado para o xarope de yacon foi de 4,06. Para acidez titulável do xarope de yacon, verificou-se que o mesmo apresentou 2,45 %. O teor de sólidos solúveis encontrado foi de 67,88 °Brix e a atividade de água foi de 0,778.

A partir da análise de vitamina C, o xarope obteve o resultado de 29,73 mg/100 g. Para proteínas, verificou-se que o xarope expressou 1,65%, 0,17% de lipídios e 59,80% de carboidratos. Assim, o xarope apresentou valor calórico de 247,99 kcal.

Tabela 8 - Resultados de caracterização química, física e físico-química do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE).

Variáveis	Resultados
Umidade (%)	35,50 ± 0,54*
Sólidos Totais (%)	64,49 ± 0,54
Cinzas (%)	2,72 ± 0,13
pH	4,06 ± 0,08
Acidez Titulável (%)	2,45 ± 0,02
Sólidos Solúveis (°Brix)	67,88 ± 0,044
Aw	0,778 ± 0,005
Vitamina C (mg/100 g)	29,73 ± 0,10
Proteínas	1,65 ± 0,032
Lipídios	0,17 ± 0,18
Carboidratos	59,80 ± 0,55
Frutanos	27,9 ± 0,67
Carboidratos Glicêmicos	31,90 ± 0,55
Açúcares Redutores (%)	21,61 ± 0,22
Açúcares Totais (%)	45,00 ± 0,04
L*	82,39 ± 0,27
a*	1,048 ± 0,08
b*	22,27 ± 0,42
PET (mg/100g de xarope)	195,27 ± 0,63
ABTS (µM trolox/g de xarope)	12,00 ± 0,64
DPPH (EC50 expresso em g xarope/g DPPH)	998,76 ± 1,49
FRAP (µM sulfato ferroso/g de xarope)	211,17 ± 0,69

*Resultados expressos em média e desvio padrão

O teor de frutanos encontrado no xarope foi de 27,9 g/100g, enquanto o teor de carboidratos glicêmicos foi de 31,9 g/100 g. Quanto ao valor obtido através da análise de açúcares redutores, pode-se observar que o presente estudo apresentou o valor de 21,61%. Para açúcares totais, pode-se encontrar o valor de 45,00%.

Quanto a análise colorimétrica, o parâmetro a* varia da tonalidade verde (quando negativo) à avermelhada (quando positivo), observando-se que o xarope possui a tonalidade mais avermelhada, visto que mostrou-se com valores positivos. Para a coordenada b*, onde essa indica a variação da coloração amarela (quando positiva) à azul (quando negativa), pode-

se observar a tonalidade amarela no xarope, visto que os valores se apresentaram positivos para esse parâmetro.

Assim, pode-se verificar que o xarope de yacon apresentou-se com características cromáticas dentro do primeiro quadrante, indicando valores positivos para os parâmetros de a^* e b^* , ou seja, colorações vermelha e amarela, respectivamente. Para o parâmetro de L^* , onde o 0 representa a coloração branca e 100 a preta, pode-se observar que o xarope apresentou-se mais escuro, visto que seus resultados aproximaram-se mais de 100.

Pode-se verificar os resultados obtidos a partir das análises de compostos fenólicos e de atividade antioxidante por três diferentes métodos (Tabela 8).

De acordo com a análise de compostos fenólicos, pode-se verificar que o xarope apresentou 195,27 mg/100g de xarope. As raízes possuem a capacidade de acumular vários compostos bioativos que exercem atividade antioxidante, sendo o principal os polifenóis. O yacon fresco possui cerca de 200 mg/100g (VALENTOVA; ULRICHOVÁ, 2003). Assim, pode-se observar que o xarope de yacon não perdeu grandes quantidades de polifenóis quando comparados aos valores de referências do yacon fresco.

Para a análise de ABTS, pode-se encontrar o valor de atividade antioxidante de 12 μM trolox/g de xarope de yacon, o que pode ser considerado como um valor baixo e, conseqüentemente, com atividade antioxidante baixa.

De acordo com os resultados obtidos nas análises de DPPH, foi possível verificar que o xarope apresentou o de 998,76 expresso em g de xarope/g DPPH, apresentando uma considerável atividade antioxidante de acordo com esse método.

Pode-se verificar que o xarope apresentou 210,11 μM sulfato ferroso/g de xarope de acordo com a análise de FRAP, mostrando-se com atividade antioxidante maior que outros xaropes que foram analisados pela mesma metodologia, como o xarope de tâmaras, onde as diferentes formulações variaram de 2,37 à 4,29 μM de FE(III)/100 g, 133,57 μM de FE(III)/100 g e 119,9 μM de FE(III)/100 g (ABEÈS et al., 2013).

A diferença entre os valores obtidos pelos três métodos pode ser explicada pelo fato de haver uma possível interferência de acordo com o tipo de solvente utilizado para a análise, pelas diferentes metodologias, etc., o que pode influenciar na obtenção dos dados (BERGAMASCHI, 2010).

Na Tabela 9 verifica-se os resultados obtidos a partir das análises microbiológicas do xarope e seus referidos valores de referências. Assim, seguiu-se os valores exigidos pela Resolução – RDC nº12 de 02 de janeiro de 2001, tomando o ponto 17 que trata “sucos, refrescos, refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas, excluindo os de base láctea e de

chocolate (cacau e similares)”, mais especificamente o item f) “xarope e preparado líquido para refresco” que exige a contagem de 10 para coliformes termotolerantes (35°C).

Tabela 9 - Resultados das análises microbiológicas do xarope de yacon – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análise Microbiológica	Resultados	RDC nº 12, 2001
<i>Salmonella</i> sp.	A	-
Coliformes a 35 °C (NMP/mL)	< 0,3	10
Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	< 0,3	-
Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)	1,02 x 10 ⁴	-
Bolores e Leveduras (UFC/mL)	6 x 10	-

A = Ausência de *Salmonella* sp. em 25g ou mL

Assim, pode-se observar que o xarope encontra-se dentro dos parâmetros recomendados pela legislação vigente, uma vez que é próprio para o consumo humano, isento de contaminantes e possíveis agentes prejudiciais à saúde dos consumidores.

Por fim, pode-se verificar que o xarope de yacon apresentou pH ácido e elevados teores de açúcares, o que pode favorecer a estabilidade microbiológica do mesmo. Além disso, o mesmo apresentou-se com elevados teores de sólidos solúveis e baixo teor proteico e lipídico. Quanto aos compostos bioativos, pode-se observar elevadas quantidades desses compostos quando analisamos os resultados de vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos diferentes métodos (DPPH, FRAP), como também quantidades elevadas de frutanos.

3.2 Caracterização do extrato concentrado de carotenoides

Ao observar a Tabela 10, verifica-se os resultados encontrados a partir da caracterização do extrato concentrado de carotenoides, o qual apresentou umidade de 91,46%, sólidos totais de 8,53% e o teor de cinzas de 0,0144%.

De acordo com os valores obtidos, verifica-se que o extrato apresentou 1,95% de proteínas, 6,08% de lipídeos e 0,18% de carboidratos, onde o valor calórico final do produto é de 63,95 kcal, com expressão de açúcares totais de 4,42% e 2,14% de açúcares redutores.

O pH da amostra de extrato concentrado de carotenoides apresentou o valor de 3,61 e acidez titulável de 0,16%. Os sólidos solúveis apresentaram-se com valores baixos de

3,33 °Brix, mostrando-se ainda com baixas quantidades de vitamina C, com 25,59 mg/100 g e com alta atividade de água de 0,974.

Tabela 10 – Caracterização, física, química e físico-químicas do extrato concentrado de carotenoides – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Componente	Valores
Umidade (%)	91,46 ± 0,03*
Sólidos Totais (%)	8,53 ± 0,03
Cinzas (%)	0,144 ± 0,007
Proteínas (%)	1,95 ± 0,25
Lipídeos (%)	6,08 ± 0,92
Carboidratos (%)	0,18 ± 0,03
Valor Calórico (Kcal)	63,95 ± 0,15
Açúcares redutores (%)	2,14 ± 0,19
Açúcares totais (%)	4,42 ± 0,44
pH	3,61 ± 0,01
Acidez Titulável (g/100 g)	0,16 ± 0,01
Sólidos Solúveis (° Brix)	3,33 ± 0,18
Vitamina C (mg/100 g)	25,59 ± 0,09
Aw	0,974 ± 0,007
L*	55,61 ± 0,70
a*	3,96 ± 0,64
b*	49,65 ± 0,63
PET (mg de PET/100g de extrato)	78,46 ± 0,94
ABTS (µM trolox/g de extrato)	9,34 ± 0,38
DPPH (g extrato/g DPPH)	1420,19 ± 0,65
FRAP (µM sulfato ferroso/g de extrato)	482,92 ± 0,92
Carotenoides (mg/100g)	14,04 ± 0,11

*Resultados expressos em média e desvio padrão

Ao realizar a análise colorimétrica do extrato concentrado de carotenoides, pode-se observar que o extrato apresentou sua coloração dentro do quadrante de valores positivos para a*, b* e L*.

Seus valores positivos para a^* demonstram que o extrato apresenta uma coloração mais avermelhada, porém, não tão intensa devido ao valor de a^* ser baixo, de apenas 3,96. O parâmetro b^* indica que o extrato apresentou-se com coloração amarelada, visto que o valor de b^* foi positivo e de 49,65. Quanto ao parâmetro L^* , que representa a luminosidade, indicando se a amostra apresenta-se mais clara ou mais escura (dependendo se ela apresenta-se positiva ou negativa, respectivamente), pode-se perceber que ela se apresentou com luminosidade intermediária, visto que seu valor para esse parâmetro (L^*) foi de 55,61.

Pode-se observar os resultados obtidos a partir das análises de compostos bioativos (Tabela 10), sendo compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP do extrato concentrado de carotenoides.

O resultado obtido a partir da análise de compostos fenólicos indicou que o extrato concentrado de carotenoides apresentou 78,46 mg/100g de extrato. Quanto à análise de atividade antioxidante pelo método ABTS, indicou que o extrato apresentou 9,34 μM trolox/g de extrato. Para atividade antioxidante pelo método DPPH, o extrato mostrou-se com 1420,19 EC50 expresso em g fruta/g DPPH e para a atividade antioxidante, segundo a metodologia do FRAP, o extrato apresentou 482,92 μM sulfato ferroso/g de extrato.

De acordo com a análise de carotenoides, o extrato concentrado de carotenoides apresentou quantidades de 14,04 mg/100g, mostrando-se com quantidades maiores do que em outro estudo em que o resíduo e o sobrenadante do extrato do bagaço de resíduo do pedúnculo de cajueiro apresentou 10,50 e 0,072 mg/100g, respectivamente (BARBOSA, 2010). Esses compostos são pigmentos naturais, lipofílicos, que possuem a característica de serem insolúveis em água e solúveis em solventes. São pigmentos de coloração amarela, laranja e vermelho, amplamente encontrados na natureza (DAMORAN et al., 2010). Esses compostos são característicos por oxidarem com facilidade em contato com luz, calor, metais e enzimas devido ao grande número de ligações duplas conjugadas, ocasionando, conseqüentemente, a perda da coloração característica nos alimentos (SCHWEIGGERT et al. 2007). Além disso, a indústria alimentícia a cada dia que passa busca atender as necessidades dos consumidores que visam alimentos saborosos, atrativos visualmente e que auxiliam na saúde e no bem-estar (SAAD, 2011). Nesse contexto, os carotenoides possuem grande importância na dieta, pois são precursores da vitamina A (THURNHAM, 2007).

Outro ponto importante é que a cor e a aparência dos alimentos são características importantes para a qualidade dos mesmos, ou seja, são os primeiros atributos a serem avaliados pelos consumidores (FENNEMA, 2010).

Na Tabela 11 encontra-se os valores obtidos a partir da análise microbiológica do extrato concentrado de carotenoides. Assim, pode-se verificar que esse extrato apresenta-se adequado ao consumo de acordo com os parâmetros analisados e comparados.

Seguiu-se a comparação de acordo com o item j) do ponto 28 do Anexo I que se refere a aditivos intencionais, coadjuvantes de tecnologia e similares na Resolução nº 12 de 2001 (BRASIL, 2001), onde exige parâmetros de referência apenas para *Salmonella* sp. Entretanto, o extrato concentrado de carotenoides mostrou-se ainda com parâmetros mínimos para as outras determinações de microrganismos.

Tabela 11 – Resultados das análises microbiológicas do extrato concentrado de carotenoides – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análise Microbiológica	Parâmetros	RDC nº 12, 2001
<i>Salmonella</i> sp.	A	A
Coliformes a 35 °C (NMP/mL)	< 3	-
Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	< 3	-
Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)	<10	-
Bolores e Leveduras (UFC/mL)	<10	-

A = Ausência de *Salmonella* sp. em 25g ou mL.

Sabendo disso, pode-se verificar que o produto encontra-se apto para ser consumido pelos participantes da pesquisa segundo a Resolução vigente e seus respectivos resultados, garantindo a ausência desses microrganismos e os possíveis efeitos que causariam aos consumidores.

Assim, pode-se verificar que o extrato concentrado de carotenoides apresentou-se como um produto aquoso, como pode-se observar a partir do elevado teor de umidade, e com baixos teores de proteínas e carboidratos, mas com teores consideráveis de lipídios, provavelmente devido a presença dos carotenoides que são compostos lipofílicos. Além disso, o fator que merece destaque são seus elevados teores de compostos bioativos mostrados pelos resultados obtidos a partir da análise de vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante total pelos diferentes métodos (ABTS, FRAP e DPPH).

Esse extrato foi utilizado para análise sensorial de iogurte e de suco de caju adicionado no xarope de yacon e de extrato concentrado de carotenoides formando um produto funcional de yacon e caju com a finalidade de acrescentar atributos de aparência no produto, assim como de compostos bioativos, onde tal produto possui quantidades

consideráveis tanto de atividade antioxidante e de compostos fenólicos quanto de carotenoides.

3.3 Análise sensorial

3.3.1 Análise de aparência: Grupo de Foco (Iogurte natural adicionado produto funcional de yacon e caju)

A análise de aparência foi realizada com um grupo focal composto de 13 participantes. A partir dessa análise, pode-se verificar a aceitação das colorações das amostras de iogurte adicionado de xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoides. Na Tabela 12, pode-se observar os resultados obtidos a partir das escores de acordo com a escala hedônica. As amostras não diferiram estatisticamente entre si no atributo aparência, mostrando que as diferentes concentrações de extrato de carotenoides no xarope de yacon foram bem aceitas no produto, significando que não é uma causa de rejeição, uma vez que as amostras obtiveram a média entre de 6 e 7 (gostei ligeiramente e gostei moderadamente).

Os resultados implicam que pode-se usar as diferentes porcentagens de extrato concentrado de carotenoides nos produtos, indicando que serão bem aceitos de acordo com o atributo de aparência, visto que esse atributo é o primeiro a ser considerado pelos provadores e consumidores (FENNEMA, 2010).

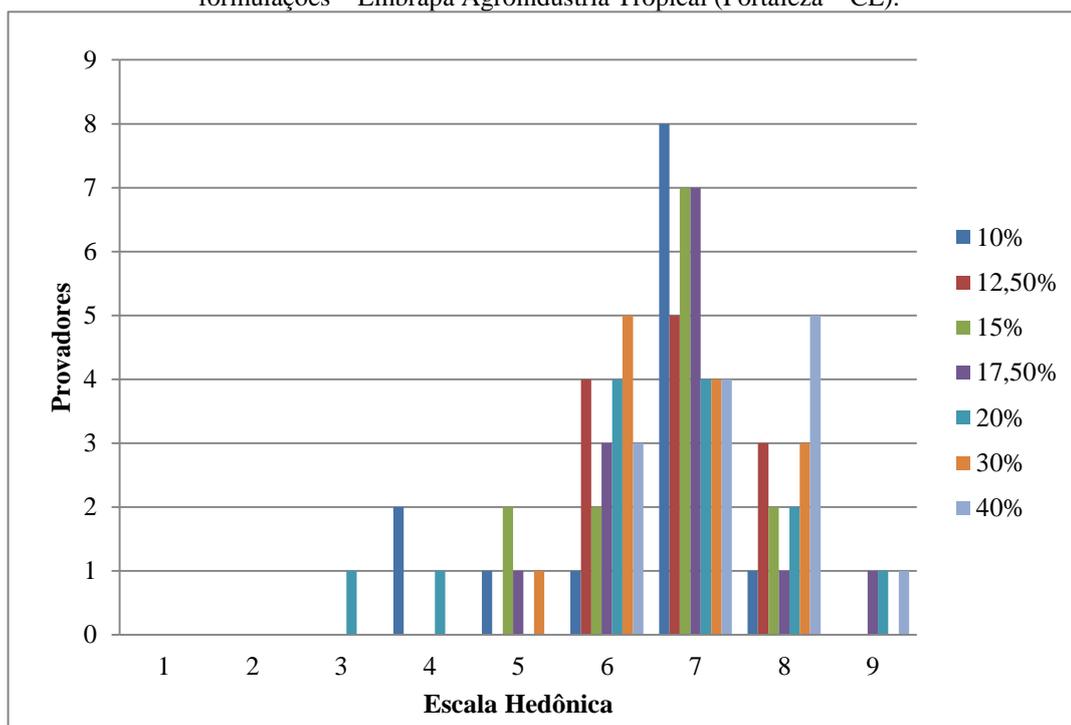
Tabela 12 - Escores atribuídos as amostras de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju de acordo com as porcentagens de extrato adicionado no xarope – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Extrato concentrado de carotenoides (%)	Escores (Análise de aparência)
10	6,38 ^a ± 1,26*
12,5	6,61 ^a ± 1,32
15	6,76 ^a ± 0,94
17,5	6,84 ^a ± 0,98
20	6,46 ^a ± 1,6
30	6,69 ^a ± 0,94
40	7,30 ^a ± 0,94

*Resultados expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais, em mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Na Figura 4, verifica-se a relação do número de participantes da pesquisa com as escores conferidas pelos mesmos de acordo com a escala hedônica. Observa-se que há uma maior distribuição entre as escores 6 e 7 de todas as amostras, enquanto outras amostras são distribuídas sozinhas tanto com escores inferiores quanto superiores.

Figura 4 - Relação do número de provadores e as escores conferidos de acordo com a escala hedônica das formulações – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).



FONTE: AUTOR, 2017.

As amostras foram analisadas quanto a sua coloração a partir da análise colorimétrica, como pode ser observado na Tabela 13. Os parâmetros analisados foram Luminosidade (L^*) como também as coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*). Assim, ao observar os valores de luminosidade (L^*) pode-se verificar que as amostras se aproximam do valor de 100, indicando uma alta luminosidade das amostras. Para o parâmetro de a^* , as amostras assemelharam-se a tonalidade esverdeada, pois quando os valores de a^* expressam-se negativos tendem a essa tonalidade. Para o parâmetro b^* , pode-se observar que as amostras aproximaram-se da tonalidade amarela, pois quando essa coordenada expressa-se positiva é sinal de tendência para a tonalidade amarela, e quando negativa tendência para azulada.

De acordo com os resultados obtidos para a variável L^* , pode-se verificar que as formulações com 12 e 17,5% não diferiram estatisticamente entre si, assim como as formulações com 15 e 20% de extrato, enquanto as demais formulações diferiram estatisticamente entre si. Para a variável a^* , pode-se perceber que não houve diferença

significativa entre as formulações com 10, 12,5, 15 e 17,5% e entre as formulações com adição de 20 e 30% de extrato. Enquanto isso, para a variável b^* apenas as formulações com adição de 15 e 17,5% de extrato foram iguais estatisticamente, enquanto todas as outras diferiram entre si. O mesmo comportamento pode ser observado para os valores encontrados de ΔE^* .

Tabela 13 - Análise colorimétrica das amostras de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Amostras (%)	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
10**	$81,83^a \pm 0,1^*$	$-6,39^d \pm 0,41$	$37,38^f \pm 0,19$	$24,35^f \pm 0,18$
12,5	$80,74^b \pm 0,11$	$-6,35^{cd} \pm 0,10$	$40,37^e \pm 0,12$	$27,08^e \pm 0,18$
15	$79,45^c \pm 0,12$	$-6,57^d \pm 0,37$	$43,53^d \pm 0,24$	$30,18^d \pm 0,31$
17,5	$80,70^b \pm 0,41$	$-6,54^d \pm 0,49$	$43,53^d \pm 0,43$	$30,32^d \pm 0,21$
20	$79,45^c \pm 0,46$	$-5,52^{bc} \pm 0,16$	$46,68^c \pm 0,27$	$32,43^c \pm 0,35$
30	$77,49^d \pm 0,17$	$-5,38^b \pm 0,13$	$49,58^b \pm 0,14$	$35,54^b \pm 0,30$
40	$76,40^e \pm 0,13$	$-4,51^a \pm 0,24$	$54,71^a \pm 0,13$	$40,39^a \pm 0,32$

*Resultados expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais, em mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey; ** Porcentagem de extrato concentrado de carotenoides adicionados nas amostras de iogurte com xarope de yacon.

Ao observar os valores obtidos, pode-se verificar que de acordo com a análise sensorial de aparência nenhuma das formulações diferiram significativamente entre si. Assim, para prosseguir com análises sensoriais, com maior número de provadores para avaliar outros atributos, escolheu-se a menor porcentagem de extrato concentrado de carotenoides para se adicionar no xarope de yacon e duplicou-se seu valor para a outra formulação, obtendo duas formulações com adição de produto funcional de yacon e caju com adições proporcionais, uma com adição de 10% e outra com adição de 20%.

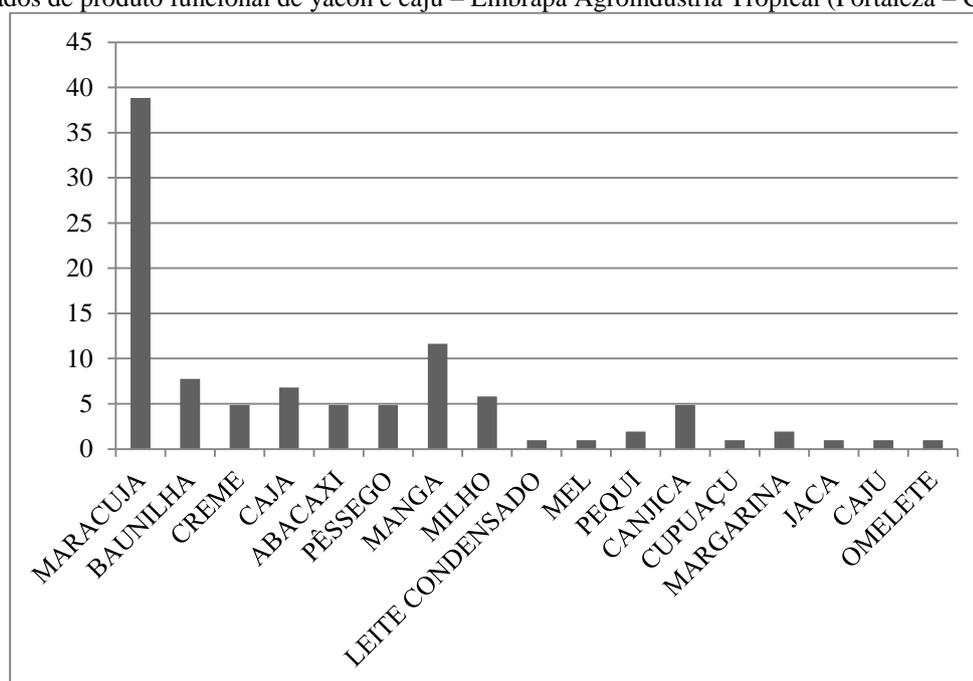
Dessa forma, a análise sensorial de aparência foi uma análise decisiva para definir quais formulações seriam utilizadas para as próximas análises sensoriais, visto que os resultados da análise mostrou que a aceitação de aparência não foi interferida pela adição da maior porcentagem de extrato concentrado de carotenoides, sendo todas as formulações bem aceitas.

De acordo com a magnitude da diferença total de cor, verificou-se que todas as formulações se apresentaram diferentes entre si (com exceção da formulação com 15 e 17,5%) quando comparadas com o controle, verificando-se que todas se apresentaram com

variação significativa, mostrando que há uma aumento na variação total de cor de acordo com o que se adiciona em maiores porcentagens de extrato concentrado de carotenoides.

Na Figura 5, encontram-se os sabores associados pelos participantes do grupo focal aos iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju. Os provadores propuseram diferentes tipos de sabores de acordo com a coloração e aparência geral do produto.

Figura 5 - Associação a tipo de alimento atribuído pelos provadores da análise de grupo de foco de iogurte adicionados de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE)..



FONTE: AUTOR, 2017.

Quanto à associação a algum tipo de alimento, os participantes associaram a dezessete alimentos diferentes de acordo com a aparência das amostras. Assim, na Figura 5 observa-se que o alimento mais associado de acordo com a coloração foi o maracujá, representando 39% das opções sugeridas (Figura 5). Quanto às outras opções temos: baunilha (7,76%), creme (4,85%), cajá (6,79%), abacaxi (4,85%), pêssego (4,85%), manga (11,65%), milho (5,82%), leite condensado (0,97%), mel (0,97%), pequi (1,94%), canjica (4,85%), cupuaçu (0,97%), margarina (1,94%), jaca (0,97%) e caju (0,97%).

Essa pesquisa de associação a alimento oferece um leque de aplicações do extrato concentrado de carotenoides em alimentos com a intenção de conferir coloração semelhante ao do sabor do alimento. Assim, poderia ser utilizado em substituição de outros tipos de

corantes e aditivos que possuem a finalidade de agregação de cor, sendo o extrato concentrado de carotenoides um produto natural e rico em compostos bioativos.

3.3.2 *Análise sensorial: 52 Julgadores (iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju)*

Realizou-se a análise sensorial de quatro formulações de iogurte, sendo elas: Formulação A, Formulação B, Formulação C e Formulação D. Na Tabela 14 observa-se os resultados obtidos a partir da análise sensorial com os participantes.

Tabela 14 – Médias dos escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análises	Formulação	Formulação	Formulação	Formulação
	A	B	C	D
Aceitação Global	6,48 ^b ± 0,74*	7,67 ^a ± 1,12	6,82 ^b ± 0,87	6,61 ^b ± 0,83
Aceitação de aparência	7,57 ^a ± 1,23	7,63 ^a ± 1,24	6,42 ^b ± 0,67	6,2 ^b ± 0,77
Aceitação de textura	6,86 ^{ab} ± 1,0	7,46 ^a ± 1,23	6,96 ^b ± 0,91	7,00 ^b ± 0,91
Intenção de compra	3,14 ^b ± 0,26	4,22 ^a ± 0,97	3,56 ^b ± 0,49	3,33 ^b ± 0,45

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Formulação A = Iogurte Integral Comercial; Formulação B = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon; Formulação C = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação D = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides. *Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

Assim, pode-se verificar que para aceitação global as formulações A, C e D não diferiram estatisticamente entre si, porém a formulação B apresentou-se com diferença estatística, sendo melhor aceita com escore mais alto. Para a aceitação de aparência, as amostras com adição do extrato concentrado de carotenoides apresentaram diferença estatística com as outras formulações sem adição do extrato concentrado de carotenoides, mostrando que para a aparência as formulações A e B foram melhores aceitas.

Para a aceitação de textura, a formulação que atingiu maior escore foi a formulação B, onde não diferiu estatisticamente da formulação A, sendo que essa também não diferiu estatisticamente das formulações C e D que atingiram uma menor escore. No item de

intenção de compra, a formulação B também diferiu estatisticamente com maior escore, e as demais formulações não diferiram estatisticamente entre si.

A intenção de compra pode estar diretamente relacionada com o sabor das formulações, pois segundo Drewnowski (1997) a principal influência no momento de escolha dos alimentos é exercida pelo sabor dos mesmos. Outros autores obtiveram escores menores para formulações de iogurtes adicionados de prebióticos, onde Kolling et al. (2014) obtiveram escores entre 5,6 à 6,7 para os itens cor, textura, sabor, aparência e aceitação global de três formulações adicionadas de prebióticos.

Assim, pode-se perceber que a adição do extrato concentrado de carotenoides apresentou-se com melhor aceitação global, aceitação de textura e intenção de compra do que a formulação controle (formulação A), que é uma formulação comercializada. Enquanto isso, a formulação B, adicionada apenas do xarope de yacon, foi a mais bem aceita em todos os itens avaliados. Porém, vale ressaltar que todas as amostras foram bem aceitas já que tiveram escores entre 6,2 à 7,67 (gostei à gostei muito).

Na Tabela 15, encontram-se os dados em porcentagem dos índices de aceitabilidade das formulações A, B, C e D de acordo com os critérios avaliados: aceitação global, aceitação de aparência, aceitação de textura e intenção de compra.

Pode-se verificar que a formulação B apresentou índice de aceitabilidade maior que 80% para todos os critérios avaliados, mostrando-se com melhores resultados. A formulação C apresentou-se com índice de aceitabilidade maior que 70% para todos os critérios avaliados, indicando que também se apresentou com uma boa repercussão de acordo com Dutovsky (2009). Em contrapartida, resultados inferiores de índice de aceitabilidade de iogurte adicionado de inulina em diferentes porcentagens foram encontrados por Santos et al. (2014), onde os critérios de aceitação global, aparência e textura mostraram-se com % inferiores à formulação B. A formulação A, por sua vez, apresentou índices de aceitabilidade maiores que 70% para os critérios avaliados de aceitação global, aceitação de aparência e aceitação de textura, enquanto a formulação D apresentou boa repercussão de acordo com a porcentagem do índice de aceitabilidade apenas para os critérios de aceitação global e aceitação de textura.

Assim, verificou-se que ao analisar todos os critérios da análise sensorial, as formulações B e C obtiveram melhores resultados de acordo com o índice de aceitabilidade obtido, indicando que a adição de xarope melhorou a aceitação do produto assim como a menor porcentagem de extrato concentrado de carotenoides utilizado.

Tabela 15 – Índices de aceitabilidade de acordo com os escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de iogurte adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Índice de aceitabilidade (%)	Formulação	Formulação	Formulação	Formulação
	A	B	C	D
Aceitação Global	72,00	85,25	75,38	73,5
Aceitação de aparência	84,18	82,69	72,76	69,87
Aceitação de textura	77,77	84,53	74,94	75,81
Intenção de compra	66,25	86,66	71,25	66,66

Índice de aceitabilidade (%) = $A \times 100/B$, em que, A = escore média obtida para o produto e B = escore máxima dada ao produto. Formulação A = Iogurte Integral Comercial; Formulação B = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon; Formulação C = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação D = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides. *Resultados expressos em média e desvio padrão.

Na Tabela 16, observa-se os valores encontrados para a análise de textura instrumental das formulações de iogurtes submetidas à análise sensorial. Os parâmetros avaliados foram força, adesividade, elasticidade, coesividade, gumosidade, fraturabilidade e resiliência.

Verificou-se que com a adição do produto funcional de yacon e caju no iogurte, as formulações diminuem a força e aumentam a sua adesividade, diferenciando-se estatisticamente entre si somente a formulação A, enquanto as demais formulações (B, C e D) não se diferenciaram entre si. A adesividade é fisicamente representada pelo trabalho necessário para puxar o probe para longe da amostra em contato. Assim, corresponde à energia necessária para superar a força de atração entre a superfície do alimento. A técnica sensorial que pode ser utilizada para avaliar esse parâmetro é colocar o alimento na boca, pressionar ao palato e avaliar a força necessária para remover o alimento com a língua (BOURNE, 1982).

Verifica-se ainda que a elasticidade aumenta de acordo com a adição do xarope, mas com 20% de extrato concentrado de carotenoides não é possível detectar valores para esse parâmetro, diferenciando-se estatisticamente da formulação A com menor elasticidade. Assim, notou-se que com a adição do xarope há um aumento na elasticidade das amostras,

exceto na formulação D onde supõe-se que a adição de uma maior porcentagem de extrato concentrado de carotenoides também interfere nesse parâmetro, só que de forma inversa.

Tabela 16 - Textura instrumental das formulações de iogurte adicionados de produto funcional de yacon e caju submetidos à análise sensorial – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análises	Formulação A	Formulação B	Formulação C	Formulação D
Força (g)**	15,34 ^a ± 0,44*	14,17 ^b ± 0,38	13,62 ^b ± 0,16	13,90 ^b ± 0,45
Adesividade	-8,67 ^b ± 2,72	-0,51 ^a ± 0,86	-0,023 ^a ± 0,08	ND
Elasticidade	0,98 ^b ± 0,008	1,59 ^a ± 0,41	1,94 ^a ± 0,06	ND
Coesividade	0,83 ^a ± 0,001	0,89 ^a ± 0,03	0,88 ^a ± 0,12	ND
Gumosidade	13,09 ^a ± 0,5	13,24 ^a ± 0,53	12,55 ^a ± 1,87	ND
Fraturabilidade	12,86 ^b ± 0,54	25,55 ^a ± 0,85	25,81 ^a ± 0,90	ND
Resiliência	0,19 ^c ± 0,02	0,33 ^b ± 0,034	0,40 ^a ± 0,03	ND

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Formulação A = Iogurte Integral Comercial; Formulação B = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon; Formulação C = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação D = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides. ND = Não Detectado;

**Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

A elasticidade é calculada pelo tempo que o alimento recupera a sua altura entre o fim do primeiro ciclo e início do segundo ciclo. Falando fisicamente, representa a velocidade necessária para um alimento deformado voltar à condição não deformada após a força que foi empregada para ser removida. Já sensorialmente, essa pode ser definida como o grau em que o alimento analisado retorna a forma original após ter sofrido uma compressão entre os dentes (SZCZESNIAK, 2002).

Quanto à coesividade das amostras, as mesmas mantiveram-se com valores semelhantes, com exceção da formulação D onde os valores não foram detectados (não houve diferenças estatísticas entre as amostras, exceto a formulação D). A coesividade é a energia utilizada para romper as ligações internas de um alimento, sendo considerada sensorialmente como o grau com que uma substância é comprimida antes de romper-se. Assim, as amostras que apresentam altos valores para esse parâmetro são caracterizadas pela dificuldade de romper-se na boca (ROSENTHAL, 1999).

Para Gumosidade, observou-se que as formulações obtiveram valores iguais estatisticamente, com exceção da formulação D onde os valores foram indetectáveis. A

gumosidade é calculada através da energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido até o estado em que esse alimento possa ser engolido. Assim, em relação ao aspecto sensorial a gumosidade pode ser definida a partir da energia necessária para mastigar um alimento semi-sólido até o ponto para sua deglutição (SZCZESNIAK, 2002).

Para os parâmetros de fraturabilidade, percebeu-se que com a adição do xarope de yacon houve um aumento em seus valores, não diferenciando-se estatisticamente as amostras B e C. Essa fraturabilidade é definida como a força empregada necessária para a amostra quebrar, desmanchar ou despedaçar (BOURNE, 1982).

Para resiliência, houve um aumento dos valores de acordo com a adição dos produtos, exceto a formulação D. Assim, todas as amostras apresentaram-se estatisticamente diferentes entre si.

Na Tabela 17 observa-se os dados obtidos a partir da análise físico-química de algumas variáveis das formulações, dentre elas pH, acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores, atividade de água (aw) e análise colorimétrica.

Tabela 17 – Resultados das análises das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju submetidos à análise sensorial – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análises	Formulação A	Formulação B	Formulação C	Formulação D
pH	4,06 ^a ± 0,05*	3,81 ^b ± 0,01	3,75 ^b ± 0,01	3,75 ^b ± 0,02
S. Solúveis (°Brix)	8,37 ^c ± 0,21	18,87 ^a ± 0,06	18,60 ^{ab} ± 0,1	18,30 ^b ± 0,26
Acidez Titulável	0,64 ^b ± 0,03	1,06 ^a ± 0,05	1,03 ^a ± 0,04	1,00 ^a ± 0,08
S.S/A.T	12,98 ^b ± 0,46	17,79 ^a ± 0,96	18,02 ^a ± 0,72	18,32 ^a ± 1,47
Aç. Totais (%)	2,89 ^b ± 0,14	10,57 ^a ± 0,29	10,41 ^a ± 0,46	10,48 ^a ± 0,21
Aç. Redutores (%)	1,94 ^c ± 0,09	4,00 ^a ± 0,30	3,68 ^b ± 0,05	3,61 ^b ± 0,08
Aw	0,992 ^a ± 0,006	0,986 ^{ab} ± 0,01	0,979 ^{ab} ± 0,005	0,969 ^b ± 0,006
L*	99,17 ^a ± 0,06	91,29 ^b ± 0,07	88,95 ^c ± 0,08	85,83 ^d ± 0,1
a*	-4,60 ^b ± 0,05	-2,76 ^a ± 0,1	-4,82 ^c ± 0,01	-5,77 ^d ± 0,02
b*	12,87 ^d ± 0,03	13,55 ^c ± 0,04	28,09 ^b ± 0,02	32,18 ^a ± 0,02
ΔE*	-	7,92 ^c ± 0,04	10,25 ^b ± 0,01	13,37 ^a ± 0,03

Formulação A = Iogurte Integral Comercial; Formulação B = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon; Formulação C = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação D = Iogurte Integral comercial adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides. *Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey; S.S/A.T = Relação sólidos solúveis/acidez titulável (resultados expressos em ratio).

Em relação ao pH das formulações, verifica-se que com a adição do xarope de yacon há uma diminuição no pH das amostras, uma vez que o pH do xarope de yacon e do extrato concentrado de carotenoides são ácidos, não diferindo estatisticamente as formulações B, C e D. O mesmo pode ser relatado por Aryana et al. (2007) que mostram que o iogurte prebiótico apresentou-se com o pH significativamente menor do que em outros iogurtes.

Os sólidos solúveis das amostras aumentaram com a adição do xarope de yacon, visto que o mesmo possui valores elevados. Porém, observa-se um pequeno decréscimo de acordo com a adição do extrato concentrado de carotenoides, pois esse possui valores baixos de sólidos solúveis.

Observa-se ainda um aumento na acidez titulável com a adição do xarope de yacon e com o extrato concentrado de carotenoides, onde as formulações com esses produtos não diferiram entre si. Embora tenha existido um aumento na acidez, verifica-se que todas as formulações encontraram-se dentro dos parâmetros de acidez indicados pela Legislação vigente, que indica valores de 0,6 à 1,5 g de ácido láctico/100g de iogurte (BRASIL, 2000).

De acordo com os resultados obtidos para a relação de sólidos solúveis e acidez titulável, pode-se verificar que as formulações B, C e D não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram da formulação A, onde percebe-se que há um aumento nessa relação de acordo com a adição do xarope de yacon com extrato concentrado de carotenoides (embora não apresente diferença nas formulações com e sem o extrato concentrado de carotenoides).

Há um aumento dos açúcares totais e de açúcares redutores nas formulações B, C e D devido a adição do xarope de yacon, visto que apresenta quantidades consideráveis desses compostos. As formulações B, C e D não apresentaram diferenças significativas nos teores de açúcares totais. Enquanto isso, as formulações C e D apresentaram uma diminuição nos teores de açúcares redutores com a adição do extrato de carotenoides, não diferenciando estatisticamente entre si, mas diferenciando-se da formulação B com valores maiores que a formulação A.

Quanto aos valores de açúcares totais, pode-se verificar um aumento significativo da formulação A para as formulações B, C e D. Esse aumento deve-se ao fato do xarope de yacon possuir elevados teores de açúcares totais. O mesmo comportamento pode ser observado para os teores de açúcares redutores, pois há um aumento devido a adição do xarope de yacon. Porém, quando adiciona-se o extrato concentrado de carotenoides há uma leve diminuição nesses valores, visto que o extrato não apresenta teores elevados desses açúcares.

Na variável de avaliação de atividade de água, pode-se verificar que houve uma pequena diminuição dos valores das formulações de acordo com a adição de xarope e de extrato concentrado de carotenoides. As formulações B, C e D não apresentaram diferença estatística entre si e as amostras A e D apresentaram-se diferentes estatisticamente.

Na análise colorimétrica, pode-se verificar que há um aumento na diferença total de cores de acordo com o ΔE quando comparadas com o controle, ocorrendo devido as variáveis L^* , a^* e b^* mudarem de acordo com a adição da maior porcentagem de extrato. Porém, verifica-se uma diminuição nos parâmetros de Luminosidade de acordo com a adição do extrato concentrado de carotenoides. Para o parâmetro b^* observa-se um aumento gradativo em seus valores de acordo com a adição do extrato concentrado de carotenoides, indicando um aumento na intensidade da coloração amarela, onde todas as formulações apresentaram-se diferentes estatisticamente entre si. Observa-se também uma diminuição na luminosidade, visto que quanto mais próximo do 100 mais clara (branca) é a amostra.

Assim, pode-se perceber que a amostra mais aceita de acordo com a análise sensorial foi a formulação B, sendo a formulação que apresentou maiores valores de sólidos solúveis, podendo estar diretamente relacionada à escolha dos participantes.

3.3.3 Análise sensorial: 52 Julgadores (Suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju)

Primeiramente, realizou-se a análise microbiológica das formulações de suco de caju adicionado de xarope de produto funcional de yacon e caju, como pode ser observado na Tabela 18. Fez-se a determinação da presença de *Salmonella* sp., coliformes totais e termotolerantes, aeróbios mesófilos e bolores e leveduras.

Seguiu-se o ponto 17 da Resolução nº 12 de 2001 de acordo com o item i) sucos pasteurizados e refrigerados, incluindo água de coco, caldo de cana, de açaí e similares, isolados ou em mistura. Assim, como se observa na Tabela 17, as formulações das bebidas estavam todas de acordo com os parâmetros vigentes na Resolução nº 12 de 2001.

Tabela 18 - Análise microbiológica de suco pasteurizado de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análise Microbiológica	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4	RDC nº 12, 2001
<i>Salmonella sp.</i>	A	A	A	A	A
Coliformes a 35 °C (NMP/mL)	< 3	< 3	< 3	< 3	-
Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	< 3	< 3	< 3	< 3	-
Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)	< 10	< 10	4,8 x 10	< 10	-
Bolores e Leveduras (UFC/mL)	< 10	< 10	< 10	< 10	-

A = Ausência de *Salmonella sp.* em 25g ou mL. Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

Na Tabela 19 encontram-se os resultados obtidos a partir da análise sensorial das formulações das bebidas. Os critérios avaliados foram: aceitação global, aceitação de aparência, aceitação de textura, intenção de compra e, por fim, calculou-se o índice de aceitabilidade das formulações.

Tabela 19 - Médias dos escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Análises	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
Aceitação Global	5,66 ^b ± 2,23	6,0 ^{ab} ± 1,9	6,72 ^a ± 1,73	6,50 ^{ab} ± 1,80
Aceitação de aparência	4,23 ^c ± 2,06	5,70 ^b ± 1,79	7,11 ^a ± 1,33	7,35 ^a ± 1,84
Aceitação de textura	5,37 ^b ± 2,12	6,13 ^{ab} ± 2,02	6,72 ^a ± 1,55	6,88 ^a ± 1,16
Intenção de compra	2,59 ^b ± 0,99	3,12 ^{ab} ± 1,14	3,46 ^a ± 1,22	3,30 ^a ± 1,08

*Resultados expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey. Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

No critério de aceitação global, verificou-se que a formulação 3 foi a que obteve maior escore nesse quesito, mas não diferenciou estatisticamente das formulações 2 e 4; e as formulações 2 e 4 não diferiram estatisticamente da formulação 1. Assim, pode-se verificar que a adição de xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoides interferiram na aceitação dos provadores, visto que a escore obtida para a formulação 1 e 3 diferiram estatisticamente entre si.

Para a aceitação da aparência, observou-se que as formulações 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si, sendo essas as formulações com melhores escores obtidas nesse critério, onde as escores foram 7,11 e 7,35, respectivamente, enquadrando-se no gostei moderadamente. As formulações 3 e 4 diferiram estatisticamente das formulações 1 e 2 que obtiveram as escores de 4,23 e 5,70, indicando o desgostei ligeiramente e não gostei/nem desgostei, respectivamente, mostrando que a adição de extrato concentrado de carotenoides foi decisiva nas escores dos provadores. Assim, a adição do extrato concentrado de carotenoides melhorou a aparência da bebida segundo as escores obtidas.

Quanto à aceitação de textura, verificou-se que as formulações 2, 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si, mostrando que a adição do xarope de yacon e extrato concentrado de carotenoides torna a bebida mais aceitável nesse critério. As formulações 1 e 2 não diferiram estatisticamente entre si, enquanto as formulações 3 e 4 diferiram estatisticamente da formulação 1. Isso indica que a adição do xarope de yacon e de extrato concentrado de carotenoides foi decisiva na receptividade dos provadores para a aceitação de textura.

Na avaliação de intenção de compra, as formulações 2, 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si e obtiveram maiores escores. Enquanto isso, as formulações 3 e 4 diferiram estatisticamente da formulação 1, indicando que a adição do xarope de yacon e de extrato concentrado de carotenoides foi decisiva na intenção de compra dos provadores, obtendo as escores 3,46 e 3,30, representando que os provadores têm dúvidas em comprar.

Os índices de aceitabilidade das formulações de acordo com os critérios avaliados de aceitação global, aceitação de aparência, aceitação de textura e intenção de compra podem ser observados a partir da Tabela 20.

Tabela 20 - Índices de aceitabilidade de acordo com os escores atribuídos pelos provadores nos testes de aceitação e intenção de compra do suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

Índice de aceitabilidade		Formulação	Formulação	Formulação	Formulação
		1	2	3	4
%	Aceitação Global	62,96	66,66	74,72	72,33
	Aceitação de aparência	47,07	63,39	81,69	79,08
	Aceitação de textura	67,15	68,19	76,47	74,72
	Intenção de compra	64,79	62,44	66,12	69,38

Índice de aceitabilidade (%) = $A \times 100/B$, em que, A = escore média obtida para o produto e B = escore máxima dada ao produto. Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

De acordo com o índice de aceitabilidade calculado das formulações submetidas à análise sensorial, pode-se observar que as formulações 3 e 4 obtiveram índice maior que 70% para os critérios de aceitação global, aceitação de aparência e aceitação de textura, indicando que as amostras tiveram uma boa repercussão (DUTOSKY, 2009). As amostras 1 e 2 obtiveram o índice de aceitabilidade menor que 70% para todos os critérios, indicando que essas formulações não obtiveram boa aceitação. Assim, pode-se concluir que a adição do xarope de yacon e do extrato concentrado de carotenoides melhoraram a aceitação da bebida, sendo decisivos na escolha dos provadores, embora não tenham apresentado um bom índice de aceitabilidade para o critério de intenção de compra.

Na Tabela 21 encontram-se os resultados das análises físico-químicas realizadas com as formulações das bebidas, onde analisou-se o pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), açúcares totais, açúcares redutores, atividade de água e os parâmetros de coloração.

Vale ressaltar que a composição química e físico-química do pedúnculo do cajueiro pode variar de acordo com a variedade, solo, safra, as condições de clima e o grau de maturidade (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007). Segundo Duarte (2010), o pedúnculo do cajueiro possui a cada 100 g 11 °Brix de sólidos solúveis, pH de 4,2, açúcares redutores de 7,9% e açúcares totais de 8,4%, acidez total de 0,36 %. Esses resultados assemelharam-se aos valores encontrados para o suco de caju sem adição de nenhum constituinte, onde o mesmo

apresentou 14,3 à 14,33 °Brix, pH entre 4,29 à 4,33. Enquanto isso, a acidez titulável apresentou-se mais baixa do que o encontrado por Duarte (2010), com valores de 0,23 à 0,24 %. Para açúcares totais, valores maiores foram encontrados de 11,04% à 11,40% assim como para açúcares redutores que foi de 6,50% à 6,56%.

Tabela 21 – Resultados das análises das formulações de suco de caju pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju – Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE).

	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
pH	4,29 ^a ± 0,01	3,87 ^b ± 0,005	3,86 ^b ± 0,01	3,85 ^b ± 0,005
S. Solúveis (°Brix)	14,33 ^d ± 0,05	23,23 ^a ± 0,05	22,93 ^b ± 0,05	22,76 ^c ± 0,05
Acidez Titulável	0,23 ^c ± 0,02	0,62 ^{ab} ± 0,0002	0,65 ^a ± 0,01	0,59 ^b ± 0,0004
S.S/A.T	55,4 ^a ± 0,27	35,54 ^{bc} ± 1,12	35,54 ^c ± 1,12	38,85 ^b ± 0,07
Aç. Totais (%)	6,50 ^c ± 0,58	12,37 ^a ± 0,19	11,56 ^a ± 0,09	10,35 ^b ± 0,35
Aç. Redutores (%)	5,52 ^d ± 0,30	7,86 ^a ± 0,30	6,39 ^b ± 0,21	6,05 ^c ± 0,24
Aw	0,95 ^a ± 0,02	0,960 ^a ± 0,01	0,963 ^a ± 0,01	0,965 ^a ± 0,01
L*	85,84 ^a ± 0,83	83,09 ^b ± 0,11	86,75 ^a ± 0,35	81,38 ^c ± 0,3
a*	-5,04 ^b ± 0,23	-4,55 ^a ± 0,02	-5,47 ^c ± 0,25	-7,98 ^d ± 0,03
b*	13,33 ^c ± 0,34	20,46 ^b ± 0,34	20,27 ^b ± 0,46	43,26 ^a ± 0,64
ΔE*	-	7,60 ^b ± 1,19	7,13 ^b ± 0,03	30,42 ^a ± 0,14

*Resultados expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey; Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

Para os resultados de pH obtidos a partir da análise das formulações, verificou-se que as formulações com adição do xarope de yacon com extrato concentrado de carotenoides apresentaram o pH menor que a formulação 1 e não se mostraram diferentes estatisticamente (formulação 2, 3 e 4), observando que a adição do xarope e de extrato concentrado de carotenoides interferiu no pH do suco.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, observa-se um aumento considerável após a adição de xarope de yacon, tal fato deve-se ao alto teor de sólidos solúveis que o mesmo

apresenta. As formulações com adição de extrato concentrado de carotenoides apresentaram uma diminuição nos valores de sólidos solúveis quando comparados com a formulação 2 que apresenta apenas o xarope de yacon. Assim, todas as formulações apresentaram diferença significativa entre si.

Outra variável analisada foi a de acidez titulável. Essa foi escolhida por ser considerada como um importante indicador de qualidade dos produtos, pois as reações que estão relacionadas com o processo de decomposição dos alimentos como a hidrólise, a oxidação e a fermentação, estão diretamente relacionadas com a produção de compostos ácidos que aumentam a acidez do produto (CHIM et al., 2013). Pode-se observar um aumento significativo na acidez titulável da bebida com a adição do xarope de yacon adicionado de extrato concentrado de carotenoides, embora a formulação 4 tenha apresentado diferença estatística da formulação 3, sendo maior que a formulação 1.

A relação dos sólidos solúveis/acidez titulável indica o equilíbrio entre o sabor doce e o ácido dos alimentos (LOPES et al., 2016). Observou-se que a formulação 2 não diferiu estatisticamente da 3 assim como da 4, mas as formulações 1, 3 e 4 diferiram estatisticamente entre si. Os valores dessa relação (ratio) determinam a palatabilidade do alimento (MACHADO et al., 2003). Assim, normalmente, quanto maior for à expressão do ratio mais agradável será o paladar do suco ou da polpa de fruta, pois indica que os teores de sólidos solúveis são elevados e/ou o da acidez titulável são baixos (GRECO et al., 2014). Porém, ao observar os valores dessa relação com os resultados da análise sensorial, notamos uma relação contrária. Com a diminuição dos valores da relação sólidos solúveis/acidez titulável, verificou-se um aumento na aceitação da bebida.

Quanto aos açúcares totais, observa-se um aumento em seu teor após a adição de xarope de yacon e de extrato concentrado de carotenoides. Porém, verifica-se ainda que com a adição da maior porcentagem de extrato concentrado de carotenoides (Formulação 4) o teor desses açúcares diminuiu significativamente, mas ainda ficam maiores do que a formulação 1.

Para os açúcares redutores, observou-se que a formulação 2 apresentou maior teor do que as outras, indicando que a adição do extrato concentrado de carotenoides reduziu a proporção desses açúcares. Assim, a adição de maior porcentagem de extrato concentrado de carotenoides (formulação 4) diminuiu consideravelmente a porcentagem de açúcares redutores, diferenciando todas as formulações entre si.

Enquanto isso, a atividade de água foi analisada por estar relacionada com os microrganismos deteriorantes, visto que esses não crescem em atividade de água menor que 0,91, embora mofos e levedura possam desenvolver-se em aw em torno de 0,8 (JAY, 2005).

Por isso deve ser avaliada, pois a presença desses contaminantes acarretam reações químicas nos alimentos como crescimento microbiano, dentre outras reações. Assim, o teor da água livre presente nos alimentos é considerado como um dos fatores que mais influenciam na estabilidade dos alimentos. Logo, quanto maior for a atividade de água maior serão as taxas de reações que possam vir a acontecer (FENNEMA, 2010). A atividade de água das formulações mostraram-se todas entre 0,95 à 0,965, indicando que não houve diferença estatística entre as formulações (todas se mostraram semelhantes nos valores de atividade de água). Assim, a adição tanto do xarope como do extrato de carotenoides não interferiu na atividade de água.

Os parâmetros apresentados foram luminosidade (L^*) e as coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*). Dentro da escala de 0 a 100 de luminosidade (0 representa o preto e o branco é representado pelo 100) verificou-se que as amostras apresentaram-se com os valores de L^* variando de 81,38 à 86,75, mostrando que as formulações 1 e 3 não apresentaram diferença estatística, mas diferenciaram das formulações 2 e 4.

Quanto ao parâmetro a^* , que varia da tonalidade verde (quando negativo) à avermelhada (quando positivo), verificou-se que todas as amostras mostraram-se com valores negativos, indicando que as mesmas se inclinaram para a coloração verde. A formulação que apresentou maior tendência para a coloração verde foi a 4, com mais adição de extrato concentrado de carotenoides. Todas as formulações mostraram-se diferentes estatisticamente entre si. Além disso, pode-se perceber que a formulação 1 apresenta-se com o valor mais negativo do que a formulação 2, indicando que a adição apenas do xarope deixa a bebida com o aspecto menos esverdeado. Porém, quando adiciona-se o extrato concentrado de carotenoides, como pode-se observar nas formulações 3 e 4, observa-se que os valores desse parâmetro voltam a diminuir, inclinando para a coloração esverdeada.

Para a coordenada b^* , que indica a variação da coloração amarela (quando positiva) à azul (quando negativa), todas as formulações mostraram-se com valores positivos, indicando a tendência para a coloração amarelada. A formulação 4 apresentou maiores valores para essa coordenada, indicando que essa formulação apresentou uma coloração mais intensa para o amarelo. As formulações 2 e 3 apresentaram-se iguais estatisticamente, exibindo uma coloração amarela menos intensa do que a formulação 4, enquanto que a formulação 1 apresentou menor intensidade na coloração. Todas as formulações apresentaram-se com características cromáticas dentro do quarto quadrante, com resultados positivos para L^* e a^* e negativos para b^* .

Vale ressaltar que o parâmetro de cor possui grande importância, pois influencia na aceitação do produto por parte do consumidor. Além disso, a partir desses parâmetros torna-se possível identificar a coloração do alimento analisado de forma objetiva. Para o valor de ΔE verificou-se que as formulações mostraram-se com 7,60, 7,13 e 30,42, sendo que essa variação refere-se aos três parâmetros avaliados, comparando com a formulação controle. As formulações 2 e 3 apresentaram-se iguais estatisticamente para essa variável e diferiram da formulação 4. Porém, as formulações 2, 3 e 4 apresentaram variação de cor significativa quando comparadas com a formulação 1.

Nas Tabelas 22 e 23 observa-se os resultados obtidos a partir das análises de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) açúcares totais, açúcares redutores, atividade de água e dos parâmetros de coloração das formulações da bebida antes e após o processo de pasteurização, e os valores de p encontrado a partir da análise de T de *Student*. Esse valor de p quando maior do que o nível de significância utilizada na análise (0,05%) indica que não se pode rejeitar a hipótese nula, ou seja, as duas médias das amostras apresentam-se estatisticamente iguais, enquanto que quando esse p valor encontra-se menor que 0,05 indica que as médias apresentam-se estatisticamente diferentes.

Para os resultados de pH obtidos, percebeu-se que as formulações que apresentaram diferença estatística após o processo de pasteurização foram as de número 1 e 2, onde a formulação 1 apresentou uma diminuição do pH após a pasteurização e a 2 apresentou um aumento. As outras formulações não apresentaram diferença estatística após o processo.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, verificou-se que nenhuma formulação apresentou diferença estatística após passar pelo processo de pasteurização. Para a acidez titulável observa-se o mesmo, onde todas as formulações, após o processo de pasteurização, não apresentaram mudanças significativas.

Tabela 22 - Análises das formulações 1 e 2 de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju antes do processo de pasteurização e após a pasteurização.

Análises	Formulação 1			Formulação 2		
	Antes ¹	Após ²	p valor	Antes	Após	p valor
pH	4,33 ^a ± 0,005*	4,29 ^b ± 0,01	0,0059	3,85 ^b ± 0,005	3,87 ^a ± 0,005	0,0377
S. Solúveis (°Brix)	14,3 ^a ± 0,1	14,33 ^a ± 0,05	0,4226	23,43 ^a ± 0,05	23,23 ^a ± 0,05	0,0678
Acidez Titulável	0,23 ^a ± 0,001	0,23 ^a ± 0,02	0,4963	0,65 ^a ± 0,003	0,62 ^a ± 0,0002	0,0518
S.S/A.T	61,95 ^a ± 0,68	61,10 ^a ± 1,76	0,0285	36,07 ^a ± 0,34	35,54 ^a ± 1,12	0,0668
Aç. Totais (%)	6,56 ^a ± 0,18	6,50 ^a ± 0,58	0,8041	11,51 ^a ± 0,66	12,37 ^a ± 0,19	0,7750
Aç. Redutores (%)	5,70 ^a ± 0,43	5,52 ^a ± 0,30	0,5239	7,68 ^a ± 0,39	7,86 ^a ± 0,30	0,4679
Aw	0,971 ^a ± 0,01	0,951 ^a ± 0,02	0,1539	0,968 ^a ± 0,01	0,960 ^a ± 0,01	0,0996
L*	86,53 ^a ± 0,95	85,84 ^a ± 0,83	0,2755	86,66 ^a ± 0,65	83,09 ^b ± 0,11	0,0010
a*	-4,37 ^a ± 0,79	-5,04 ^a ± 0,23	0,0988	-3,72 ^a ± 0,37	-4,55 ^a ± 0,02	0,0919
b*	10,24 ^b ± 0,76	13,33 ^a ± 0,34	0,0145	12,16 ^b ± 0,95	20,46 ^a ± 0,34	0,0001
ΔE*	-	-	-	2,60 ^b ± 0,73	7,60 ^a ± 0,92	0,005

Antes¹ = Resultados das amostras antes do processo de pasteurização; Após² = Resultados das amostras posteriormente ao processo de pasteurização; *Resultados expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste T de Student, p valor = valor de p encontrado a partir da análise de T de Student. Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

Tabela 23 - Análises das formulações 3 e 4 de suco de caju adicionado de produto funcional de yacon e caju antes do processo de pasteurização e após a pasteurização.

Análises	Formulação 3			Formulação 4		
	Antes	Após	p valor	Antes	Após	p valor
pH	3,85 ^a ± 0,005	3,86 ^a ± 0,01	0,6349	3,86 ^a ± 0,01	3,85 ^a ± 0,005	0,7418
S. Solúveis (°Brix)	23,06 ^a ± 0,05	22,93 ^a ± 0,05	0,0571	22,08 ^a ± 0,1	22,76 ^a ± 0,05	0,7418
Acidez Titulável	0,63 ^a ± 0,001	0,65 ^a ± 0,01	0,4110	0,65 ^a ± 0,01	0,59 ^a ± 0,0004	0,1285
S.S/A.T	36,79 ^a ± 0,23	35,54 ^a ± 1,12	0,4171	35,12 ^a ± 1,1	38,85 ^a ± 0,07	0,1399
Aç. Totais (%)	10,71 ^a ± 0,74	11,56 ^a ± 0,09	0,4721	9,62 ^a ± 0,74	10,35 ^a ± 0,35	0,1753
Aç. Redutores (%)	7,82 ^a ± 0,19	6,39 ^b ± 0,21	0,0004	6,98 ^a ± 0,27	6,05 ^b ± 0,24	0,004
Aw	0,964 ^a ± 0,01	0,963 ^a ± 0,01	0,6524	0,968 ^a ± 0,01	0,965 ^a ± 0,01	0,6348
L*	85,93 ^a ± 0,74	86,75 ^a ± 0,35	0,0772	77,98 ^b ± 0,68	81,38 ^a ± 0,3	0,0005
a*	-5,98 ^a ± 0,35	-5,47 ^a ± 0,25	0,0512	-7,42 ^a ± 0,22	-7,98 ^b ± 0,03	0,0171
b*	22,91 ^a ± 0,64	20,27 ^b ± 0,46	0,0003	48,32 ^a ± 0,30	43,26 ^b ± 0,64	0,0006
ΔE*	12,88 ^a ± 0,48	7,13 ^b ± 0,03	0,0008	39,16 ^a ± 0,39	30,42 ^b ± 0,14	0,001

Antes¹ = Resultados das amostras antes do processo de pasteurização; Após² = Resultados das amostras posteriormente ao processo de pasteurização; *Resultados expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais, em mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância para o teste T de Student, p valor = valor de p encontrado a partir da análise de T de Student. Formulação 1 = Suco de caju; Formulação 2 = suco de caju adicionado de xarope de yacon; Formulação 3 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 10% de extrato concentrado de carotenoides; Formulação 4 = Suco de caju adicionado de xarope de yacon e 20% de extrato concentrado de carotenoides.

Para a relação de sólidos solúveis/acidez titulável, verificou-se que todas as formulações não apresentaram diferença estatística após a etapa de pasteurização.

Quanto aos açúcares totais, observou-se que as formulações não sofreram diferenças significativas após o processo de pasteurização. Para os açúcares redutores, verificou-se que as formulações 3 e 4 sofreram mudanças após o processo de pasteurização, apresentando uma redução no teor de açúcares redutores. Relata-se que a diminuição do calor no alimento diminui a degradação dos açúcares (BRACKMANN et al., 1994), mas no processo de pasteurização é utilizado altas temperaturas e esse pode ter reduzido os teores de açúcares redutores em algumas formulações, como pode ser observado nas formulações 3 e 4.

Para a coordenada L^* , verificou-se que a formulação 2 mostrou diferença estatística quando comparada aos valores antes e após a pasteurização, diferente das outras formulações que permaneceram semelhantes estatisticamente. Para a coordenada a^* , as formulações 1, 2 e 3 mostraram-se semelhantes estatisticamente antes e após o processo de pasteurização, mostrando que o processo não influenciou esse parâmetro, diferentemente da formulação 4, onde após o processo de pasteurização houve uma diminuição desse valor.

Quanto à coordenada b^* , todas as formulações apresentaram diferenças estatísticas após o processo de pasteurização, indicando que o processo alterou levemente a coloração inicial das formulações. As amostras 1 e 2 tiveram os valores de b^* aumentados após a pasteurização, indicando um clareamento das amostras; as formulações 3 e 4 tiveram uma diminuição nos valores desse parâmetro, mostrando um certo escurecimento das amostras.

Para os valores de ΔE , verificou-se que as formulações 2, 3 e 4 sofreram interferência desse parâmetro após o processo de pasteurização. Essa mudança na coloração dos sucos após a pasteurização pode estar associada ao fato de que os carotenoides podem ser modificados pela hidrogenação, desidrogenação, ciclização e pela oxidação. Para o carotenoide apresentar coloração deve apresentar sete ligações duplas conjugadas, atuando como cromóforo. Essas ligações também conferem ao pigmento alta reatividade química, o que o torna facilmente isomerizado e oxidado, principalmente quando passa por um processamento com condições não controladas. Esse pigmento pode ser parcialmente destruído quando submetido ao calor, a luz, ao oxigênio e as enzimas, como é o caso da lipoxigenase e/ou à ácidos de frutas, acarretando a diminuição da coloração. Então, como o processo de pasteurização envolve o emprego de calor, esse pode ter sido o principal fator que auxiliou na alteração de cor das formulações, causando o escurecimento das formulações que tinham a adição do extrato concentrado (OLIVIER; PALOU, 2000; GOODWIN, 1981).

Assim, verificou-se que os parâmetros que sofreram interferência após o processo de pasteurização foram: pH, açúcares redutores, L^* , a^* e b^* , deixando a bebida mais ácida (apenas na formulação 1), com o menor teor de açúcares redutores (formulações 3 e 4) e mais esverdeada (apenas a formulação 4). Porém, essas mudanças não foram decisivas para interferir na aceitação dos sucos pasteurizados.

4 CONCLUSÃO

O produto funcional de yacon e caju apresentou uma boa aceitação no que se refere ao aspecto sensorial, visto que quando aplicado em dois diferentes tipos de alimentos (iogurte e suco de caju) os resultados foram positivos, mostrando-se mais aceitos do que quando os mesmos não foram adicionados no produto. Dessa forma, o produto funcional de yacon e caju mostra-se versátil para aplicação como ingrediente alimentar, agregando valor nutricional e funcional aos diferentes alimentos, sendo uma interessante estratégia para a indústria de alimentos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBÈS, F.; KCHAOUA, W.; BLECKER, C.; ONGENA, M.; LOGNAY, G.; ATTIA, H.; BESBES, S. Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p.634–642. 2013.
- ABREU, F. A. P. **Extrato de bagaço de caju rico em pigmento**. n. PI 0103885-0, 19 de junho de 2001.
- ALMEIDA, P. H. A.; ABRANCHES, M. V.; FERREIRA, C. L. L. F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A food with multiple functions. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, p.32–40. 2015.
- ANDREWS, W. H.; HAMMACK, T. S. **Salmonella**. In: UNITED STATES FOOD DRUG ADMINISTRATION. Bacteriological analytical manual online. 8. ed. Rockville: FDA. Chap. 5. p. 5.1-23, 2006.
- ARYANA, K. J.; PLAUCHE, S.; RAO, R. M.; MCGREW, P.; SHAH, N. P. Fat-free plain yoghurt manufactured with inulins of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*. **Journal of Food Science**, v. 72, Nr. 3, M79–M84, 2007.
- ASHURST, P. R. **The chemistry and technology of soft drinks and fruit juices**. 2^a ed. Hereford, England: Blackwell Publishing Ltd, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official methods of Analysis**. 15, Washington, 1990. 1115p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official methods of analysis**, v. 2, 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International. 1997
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. v. 2, 16 ed. Arlington, 1995.
- AYBAR, M. J.; SANCHEZ RIERA, A. N.; GRAU, A.; SANCHEZ, S. S. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sanchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, p. 125-132, 2001.
- OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavanol Composition and caffeine content of green leaf as quality potential indication of kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.74, p. 209-215, 1977.

BARBOSA, M. M. Obtenção de carotenóides e flavonóides a partir do bagaço do pedúnculo do caju por maceração enzimática e prensagem. 120f. **Dissertação** (Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química. 2010.

BERGAMASCHI, K. B. Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento. 2010. 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 2010.

BRACKMANN, A.; MAZARO, S. M.; CECCHINI, R. Efeito do pré- resfriamento e tratamentos pós-colheita sobre a qualidade de maçãs cvs. Golden Delicious e Fuji, durante o armazenamento em atmosfera normal e controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 16, n. 1, p. 7-14, 1994.

BOURNE, M.C. Food Texture and Viscosity. London: Academic Press, 1982.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento - MAPA; Secretaria da Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de produtos de Origem Animal. Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados. **Resolução no 5, de 13 de novembro de 2000**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 nov. 2000. Seção I, p. 9-12.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em pesquisa. CONEP. **Resolução nº 466, de 12 de Dezembro de 2012**, diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Revoga portaria n. 451, de 19 de setembro de 1997. Resolução – **RDC n. 12, 2 de janeiro de 2001**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 10/01/2001, Brasília, 2001. Art. 4a , p. 1-48.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde – MS. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Diário Oficial da União, Poder executivo, 17 de dezembro de 2003, Brasília, 2003.

CHIM, J. F.; ZAMBLAZI, R. C.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade da vitamina c em néctar de acerola sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.4, p.321-327, 2013.

CONSTANT, P. B. L.; STRIGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim CEPPA**, v. 20, p. 203 – 220, 2002.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2010.

DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; BORGEZ, M. F.; MODESTO, A. L. G.; ARAÚJO, I. M. S.; PEREIRA, A. C. S.; GOES, T. S.; VIEIRA, N. M.; FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento de bebida prebiótica de caju e yacon**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. Embrapa Agroindústria Tropical – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 82.

DREWNOWSKI, A. Taste preferences and food intake. **Annual Review of Nutrition**, v. 17, n 1, p.237-253, 1997.

DUARTE, T. C. Processos de produção de concentrados de glicose e frutose a partir do xarope obtido do suco clarificado de caju. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Depto. De Engenharia Química, Fortaleza, 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2009.

FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2010.

GOODWIN, T. W. **The Biochemistry of the carotenoids: Biosynthesis**, Chapman and Hall: London, vol. 1, 1981.

GRECO; S. M.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro azedo cultivados no distrito federal. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 1, p. 360-370, 2014.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v.27, p. 42-49. 1962.

HORWITZ, W.; LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. 2005. Current Through Revision 3, 2010. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2010. chapter 45, met. 999.03, p. 96-98.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL) - **Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. Ed. Porto alegre: Artmed, 2005. 711p.

KOLLING, A.; LEHN, D.; SOUZA, C. F. V. Elaboração, caracterização e aceitabilidade de iogurte de soja com adição de prebiótico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**; v. 08, n. 02 suplemento: p. 1545-1556, 2014.

KOMATSU, T. R; BURITI, F. C. A; SAAD, S. M. I.; Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 3, p. 329-347, 2008.

LAGO, C. C. Estudo do suco concentrado e da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LIMA, A. C. S.; SOARES, D. J.; SILVA, L. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; MENEZES, E. A. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p.142–147, 2014.

LOPES, M. L. M.; MIGUEL, M. A. L.; ELIANE FIALHO; VALENTE-MESQUITA, V. L. Grape juice obtained using steam extraction and other small-scale extraction methods: phenolic content, antioxidant capacity and stability during storage. **International Journal of Food Science and Technology**; v. 51, p.1696–1702, 2016.

MACHADO, S. S. et al. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara – Bahia. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. Especial Fruticultura, 2003.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: Edições UFC. 2007. 320p.

MAKRIS, D.P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N.K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, p. 125-132, Mar., 2007.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M. **Yacon - Fact Sheet**. Lima, Peru: International Potato Center (CIP), 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. London: CRC Press, 1987.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. 2. ed. Viçosa (MG): UFV, 2010. 308p

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; LOPES, M. M. A. **Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do pedúnculo do cajueiro**. 2. ed. rev. ampl. – Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

NSONZI, F.; RAMASWAMY, H. S. Osmotic Dehydration Kinetics of Blueberries. **Drying Tech.**; v.16, p.725-41, 1998.

OLIVIER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal of Chromatography A**, v. 9, nº 881, p.543-555, 2000.

PAIVA, F. F. A.; NETO, R. M. S. **Processamento do Pedúnculo de Caju Polpa de Caju Pasteurizada e Preservada Quimicamente**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos, nº 131. p.1-33, 2010.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnologia e higiene de la carne**. Zaragoza: Acríbia, 1994. 854 p.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p.3396-3402, 2000.

RAMAN, M.; AMBALAM, P.; KONDEPUDI, K.K; PITHVA, S.; KOTHARI, C.; PATEL, A.T.; PURAMA, R.K.; DAVE, J.M.; VYAS, B.R. Potential of probiotics, prebiotics and synbiotics for management of colorectal cancer. **Gut Microbes**, v.4, p.181–192, 2013.

RIBEIRO, E. P; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia. 2º edição. São Paulo. Editora Edgar Blucher Ltda, 2007, p. 155-165.

ROLIM, P.M. Development of prebiotic food products and health benefits. **Food Science and Technology**, v. 35. 2015.

RORIZ, R. F. C. Aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do estado de Goiás S/A para alimentação humana. Goiânia, 2012. 162 f. **Dissertação** (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, 2012.

ROSENTHAL, A. J. **Food Texture**: measurement and perception. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 311p

ROSENTRITT, M.; ESCH, J.; BEHR, M.; LEIBROCK, A.; HANDEL, G. In vivo color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. **Quintessence international**, v. 29, n. 8, p. 517-522, 1998.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. Comunicado Técnico 128, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.a

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. Comunicado Técnico 128, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.a

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.b

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo método de Redução do Ferro (FRAP). Comunicado Técnico 127, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-GIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F., & MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and Antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.21, n.4, p.996–1002, 2010.

- SAAD, S. M. I; CRUZ, A. G; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Fundamentos e Aplicação Tecnológica**. São Paulo: Editora Varela, 2011.
- SAAD, S. M. L. Probióticos e prebióticos: O estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.
- SANTOS, K. A.; SANTOS, E. F.; MAHNANI, M. R.; SANCHES, F. A. F. Z.; BALLARD, C. R.; NOVELLO, S. Avaliação das características sensoriais e físico-químicas de iogurte adicionado de inulina. **Revista UNIABEU**, v.7, n. 15, 2014
- SCHWEIGGERT, U.; KURZ, C.; SCHIEBER, A.; CARL, R. Effects of processing and storage on the stability of free and esterified carotenoids of red peppers (*Capsicum annuum* L.) and hot chilli peppers (*Capsicum frutescens* L.). **European Food Research and Technology**, v. 225, p. 261–270, 2007.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. v.13, p. 215-225, 2002.
- THURNHAM, D. I. Bioequivalence of b-carotene and retinol. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 87, p. 13-39, 2007.
- VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v. 147, n.2, p. 119–130, 2003.
- YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.
- ZEPKA, L. Q.; GARRUTI, D. S.; SAMPAIO, K. L.; MERCADANTE, A. Z.; SILVA, M. A. A. P. Aroma compounds derived from the thermal degradation of carotenoids in a cashew apple juice model. **Food research international**, v. 56, p. 108-114, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir, a partir desse trabalho, que o xarope de yacon mostrou-se seguro do ponto de vista microbiológico de acordo com a legislação vigente durante o período de armazenamento. Embora o produto tenha apresentado decréscimo na concentração dos compostos fenólicos, atividade antioxidante e frutanos, o mesmo apresenta-se com elevadas concentrações desses componentes bioativos, apresentando-se com apelo funcional mesmo após o armazenamento prolongado.

Além disso, o produto funcional de yacon e caju apresentou-se com boa aceitação no seu aspecto sensorial, sendo bem aceito nos dois alimentos em que foram adicionados, mostrando-se aplicável como ingrediente alimentar, agregando valor nutricional e funcional aos produtos.

ANEXOS

ANEXO A - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química do xarope de yacon.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Umidade	Fator	2	24,80	12,40	64,53	8,37E-07
	Resíduos	11	2,11	0,19		
Cinzas	Fator	2	0,84	0,42	17,27	0,0004
	Resíduos	11	0,26	0,02		
S. Totais	Fator	2	24,83	12,41	64,84	8,17E-07
	Resíduos	11	2,10	0,19		
Lipídios	Fator	2	0,01	0,008	0,65	0,578
	Resíduos	3	0,03	0,012		
Carboidratos	Fator	2	83,37	41,68	207,14	1,86E-09
	Resíduos	11	2,21	0,201		
Valor calórico	Fator	2	520,49	260,24	80,95	2,63E-07
	Resíduos	11	35,36	3,21		
S. Solúveis	Fator	2	5,045	2,52	801,29	1,06E-22
	Resíduos	24	0,07	0,003		
pH	Fator	2	0,01	0,006	2,48	0,116
	Resíduos	15	0,04	0,002		
Acidez Titulável	Fator	2	1,30	0,654	914,04	2,13E-16
	Resíduos	15	0,01	0,0007		
Vitamina C	Fator	2	645,54	322,77	79589,08	6,4E-31
	Resíduos	15	0,06	0,004		
AW	Fator	2	0,003	0,0018	174,78	4,94E-15
	Resíduos	24	0,0002	1,07E-05		
L*	Fator	2	38,88	19,44	118,36	6,51E-10
	Resíduos	15	2,46	0,164		
a*	Fator	2	5,37	2,68	381,27	1,38E-13
	Resíduos	15	0,10	0,007		
b*	Fator	2	2,78	1,39	1,41	0,273
	Resíduos	15	14,76	0,984		
Aç. Totais	Fator	2	59,37	29,68	3,51	0,045
	Resíduos	24	202,45	8,435		
Aç. Redutores	Fator	2	78,80	39,40	29,77	7,4E-07
	Resíduos	21	27,78	1,323		
Frutanos	Fator	2	100,85	50,42	7,75E+30	5,78E-92
	Resíduos	6	4E-29	6,50E-30		

ANEXO B - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) dos resultados de compostos bioativos do xarope de yacon.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
ABTS	Fator	2	38,16	19,08	41,95	0,00207
	Resíduos	4	1,81	0,45		
DPPH	Fator	2	110992,7	55496,36	31510,03	5,61E-11
	Resíduos	5	8,80	1,76		
FRAP	Fator	2	13220,47	6610,23	37687,83	3,58E-11
	Resíduos	5	0,87	0,17		
PET	Fator	2	36601,39	18300,7	1501,27	6,18E-26
	Resíduos	24	292,56	12,19		

ANEXO C - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da análise de aceitação de aparência e análise colorimétrica das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Aparência	Fator	6	5,44	0,90	0,30	0,93
	Resíduos	49	146,11	2,98		
L*	Fator	6	67,88	11,31	7,63E+28	9E-199
	Resíduos	14	2,08E-27	1,48E-28		
a*	Fator	6	9,11	1,5190	4,09E+31	7,1E-218
	Resíduos	14	5,2E-31	3,72E-32		
b*	Fator	6	610,67	101,77	3,12E+30	4,7E-210
	Resíduos	14	4,57E-28	3,27E-29		
ΔE	Fator	6	34,02	5,67	1,01E+29	1,3E-199
	Resíduos	14	7,88E-28	5,63E-29		

ANEXO D - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
S. Solúveis	Fator	3	235,59	78,53	2479,93	3,27E-12
	Resíduos	8	0,25	0,03		
pH	Fator	3	0,19	0,065	82,73	2,31E-06
	Resíduos	8	0,006	0,0007		
Acidez Titulável	Fator	3	0,34	0,11	31,36	8,98E-05
	Resíduos	8	0,029	0,003		
AW	Fator	3	0,0008	0,0002	5,19	0,02
	Resíduos	8	0,0004	5,58E-05		
SS/AT	Fator	3	58,14	19,38	20,09	0,0004
	Resíduos	8	7,715	0,96		
L*	Fator	3	292,14	97,38	13667,41	3,56E-15
	Resíduos	8	0,057	0,007		
a*	Fator	3	14,27	4,75	1464,42	2,68E-11
	Resíduos	8	0,026	0,003		
b*	Fator	3	885,31	295,1	292666,1	1,7E-20
	Resíduos	8	0,008	0,001		
ΔE	Fator	3	133,16	44,38	6495,22	6,98E-14
	Resíduos	8	0,054	0,006		
Aç. Totais	Fator	3	389,33	129,77	933,78	3,22E-31
	Resíduos	32	4,44	0,13		
Aç. Redutores	Fator	3	24,17	8,05	171,98	8,21E-20
	Resíduos	32	1,49	0,04		

ANEXO E - Resultados da análise de variância da análise (Teste de Tukey) sensorial das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Ac. Global	Fator	3	44,70	14,90	6,75	0,0002
	Resíduos	204	450,17	2,20		
Ac. de Aparência	Fator	3	63,94	21,31	10,18	2,81E-06
	Resíduos	203	424,81	2,09		
Ac. de Textura	Fator	3	23,34	7,78	4,06	0,007
	Resíduos	200	383,25	1,91		
Intenção de Compra	Fator	3	33,02	11,0	12,97	9,67E-08
	Resíduos	188	159,45	0,84		

ANEXO F - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da textura instrumental das formulações de iogurtes adicionados de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Força	Fator	3	8,55	2,85	19,75	1,26E-05
	Resíduos	16	2,30	0,14		
Adesividade	Fator	3	271,73	90,57	44,26	5,68E-08
	Resíduos	16	32,74	2,04		
Elasticidade	Fator	3	10,88	3,62	82,75	5,87E-10
	Resíduos	16	0,70	0,04		
Coesividade	Fator	3	2,79	0,93	222,30	3E-13
	Resíduos	16	0,06	0,004		
Gumosidade	Fator	3	631,41	210,47	207,24	5,18E-13
	Resíduos	16	16,24	1,01		
Fratrabilidade	Fator	3	1781,21	593,73	47,75	3,3E-08
	Resíduos	16	198,92	12,43		
Resiliência	Fator	3	0,47	0,15	192,71	9,12E-13
	Resíduos	16	0,01	0,0008		

ANEXO G - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da caracterização físico-química das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
pH	Fator	3	0,40	0,13	1359,6 3	3,61E-11
	Resíduos	8	0,0008	1E-04		
S. Solúveis	Fator	3	168,47	56,15	16847	1,54E-15
	Resíduos	8	0,02	0,003		
Aw	Fator	3	0,0002	8,9E-05	0,66	0,595155
	Resíduos	8	0,001	0,0001		
Acidez Titulável	Fator	3	0,21	0,07	358,42	2,57E-05
	Resíduos	4	0,0007	0,0001		
SS/AT	Fator	3	500,76	166,92	494,71	1,35E-05
	Resíduos	4	1,34	0,33		
L*	Fator	3	73,35	24,45	104,77	7,14E-09
	Resíduos	12	2,8	0,23		
a*	Fator	3	27,87	9,29	303,40	1,42E-11
	Resíduos	12	0,36	0,03		
b*	Fator	3	2043,27	681,09	2857,3 0	2,19E-17
	Resíduos	12	2,86	0,23		
ΔE	Fator	3	106,82	35,60	227,19	7,81E-11
	Resíduos	12	1,88	0,15		
Aç. Totais	Fator	3	60,89	20,29	156,32	1,93E-07
	Resíduos	8	1,03	0,12		
Aç. Redutores	Fator	3	18,079	6,02	82,56	1,94E-11
	Resíduos	20	1,45	0,07		

ANEXO H - Resultados da análise de variância (Teste de Tukey) da análise sensorial das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro pasteurizado adicionado de produto funcional de yacon e caju.

<i>Variáveis</i>		<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Ac. Global	Fator	3	35,39	11,79	3,16	0,02
	Resíduos	200	746,23	3,73		
Ac. de Aparência	Fator	3	71,21	23,73	7,62	7,48E-05
	Resíduos	199	619,33	3,11		
Ac. de Textura	Fator	3	318,13	106,04	36,39	8,17E-19
	Resíduos	200	582,70	2,91		
Intenção de Compra	Fator	3	21,34	7,11	5,69	0,0009
	Resíduos	192	239,71	1,24		

ANEXO I - Resultados do Teste T de *Student* da caracterização físico-química das formulações de suco de pedúnculo de cajueiro adicionado de produto funcional de yacon e caju (antes e após a pasteurização).

<i>Variáveis</i>		<i>T</i>	<i>G.L</i>	<i>P (v)</i>	<i>M.D</i>	<i>D.P</i>
pH	F1	-13	2	0,0058	-0,04	0,005
	F2	5	2	0,0377	0,01	0,005
	F3	0,55	2	0,6348	0,006	0,02
	F4	-0,37	2	0,7418	-0,003	0,01
S. Solúveis	F1	-1	2	0,4226	-0,03	0,05
	F2	7	2	0,0198	0,23	0,05
	F3	4	2	0,0571	0,13	0,05
	F4	0,37	2	0,7418	0,03	0,15
AW	F1	-2,24	2	0,1539	-0,01	0,01
	F2	-2,92	2	0,0996	-0,008	0,004
	F3	-0,52	2	0,6524	-0,001	0,005
	F4	-0,55	2	0,6348	-0,001	0,004
Acidez Titulável	F1	1,01	1	0,4963	0,01	0,01
	F2	-12,25	1	0,051	-0,03	0,003
	F3	1,32	1	0,4110	0,01	0,02
	F4	-4,88	1	0,1285	-0,06	0,01
SS/AT	F1	-22,31	1	0,0285	-6,55	0,41
	F2	9,49	1	0,0667	1,54	0,22
	F3	-1,30	1	0,4171	-1,2	1,35
	F4	4,47	1	0,1399	3,73	1,17
L*	F1	-1,33	3	0,2755	-0,68	1,02
	F2	-12,88	3	0,0010	-3,57	0,55
	F3	2,64	3	0,0772	0,82	0,62
	F4	15,48	3	0,0005	3,40	0,43
a*	F1	-2,36	3	0,0988	-0,67	0,57
	F2	-4,61	3	0,0191	-0,83	0,36
	F3	3,15	3	0,0512	0,50	0,32

	F4	-4,80	3	0,0171	-0,55	0,23
b*	F1	5,10	3	0,0145	3,08	1,20
	F2	27,03	3	0,0001	8,30	0,61
	F3	-18,35	3	0,0003	-2,63	0,28
	F4	-15,17	3	0,0006	-5,06	0,66
ΔE	F1	-0,47	3	0,6649	-0,22	0,95
	F2	-7,72	3	0,0045	-1,89	0,49
	F3	0,48	3	0,6611	0,12	0,51
	F4	1,64	3	0,1991	0,47	0,57
Aç. Totais	F1	-0,28	2	0,8041	-0,07	0,42
	F2	2,06	2	0,1753	0,85	0,71
	F3	0,10	2	0,9240	0,04	0,75
	F4	-0,59	2	0,6120	-0,35	1,03
Aç. Redutores	F1	-0,68	5	0,5239	-0,17	0,64
	F2	0,78	5	0,4679	0,17	0,55
	F3	-8,05	5	0,0004	-1,17	0,35
	F4	-5,01	5	0,0040	-0,92	0,45

F1= Suco de pedúnculo de cajueiro sem adição de produtos; F2 = Formulação de suco de pedúnculo de cajueiro com adição de xarope de raízes de yacon (proporção de 40 g de xarope para cada 200 ml de suco); F3 = Formulação de suco de pedúnculo de cajueiro com xarope de raízes de yacon adicionado de 10% de extrato concentrado de carotenoides; F4 = Formulação de suco de pedúnculo de cajueiro com xarope de raízes de yacon adicionado de 20% de extrato concentrado de carotenoides.