



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

GIOVANA MATIAS DO PRADO

DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE BEBIDAS MISTAS DE CAJU E
ARAÇÁ-BOI ADICIONADAS COM ÔMEGA-3

FORTALEZA

2014

GIOVANA MATIAS DO PRADO

DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-
BOI ADICIONADAS COM ÔMEGA-3

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo.

Coorientador: Dr. Nedio Jair Wurlitzer.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- P917d Prado, Giovana Matias do.
Desenvolvimento e estabilidade de bebidas mistas de caju e araquá-boi adicionadas com Ômega-3 /
Giovana Matias do Prado. – 2014.
138. : il., color., enc. : 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de
Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo.
Coorientação: Prof. Dr. Nédio Jair Wurlitzer.
1. Suco de frutas tropicais – misturas. 2. Ácidos graxos Ômega-3. I. Título.

GIOVANA MATIAS DO PRADO

DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-
BOI ADICIONADAS COM ÔMEGA-3

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 24 de fevereiro de 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. PhD. Geraldo Arraes Maia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Maria Mozarina Beserra de Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sandro Thomaz Gouveia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos
EMBRAPA Agroindústria Tropical

A Deus.

Aos meus pais Daniel e Herbene, pelos ensinamentos e todo o apoio durante a minha vida...

Ao Paulo Henrique, meu grande amor...

À minha filha Sofia, minha vida...

Aos meus irmãos Daniel Filho, Joana Darc e Tales pela amizade e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo de bom que tem proporcionado em minha vida e pela presença constante em todos os momentos.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade da realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida para realização deste trabalho.

Ao Grande Mestre Geraldo Arraes Maia, pela orientação na graduação, no mestrado e início do doutorado. Muito obrigada pela orientação, ensinamentos, confiança e disponibilidade desde minha graduação.

Ao meu orientador Professor Raimundo Wilane de Figueiredo pelos ensinamentos e apoio durante minha vida acadêmica.

Ao Dr. Nédio Jair Wurlitzer pela coorientação, apoio e ajuda na realização do experimento na EMBRAPA Agroindústria Tropical.

À Professora Maria Mozarina Beserra Almeida por toda amizade e incentivo.

À Maria Leônia da Costa Gonzaga pela amizade, atenção e presteza.

À Professora Evânia Altina Teixeira de Figueiredo e as bolsistas do laboratório de Microbiologia de Alimentos pela realização das análises microbiológicas.

À Dra. Débora dos Santos Garruti por ter concedido a utilização do laboratório de Análise Sensorial para realização de parte importante da pesquisa.

Ao Sandro Gouveia pela atenção e carinho, por ter aceitado participar da banca, contribuindo e enriquecendo o trabalho.

À Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos pelas contribuições relevantes dadas ao trabalho.

Ao Professor Célio Kersul Sacramento por ter cedido os frutos de araçá-boi utilizados na pesquisa e por, gentilmente, ter aceitado participar da banca, enriquecendo ainda mais este trabalho.

A todos que fazem parte do Laboratório de Processos Agroindustriais – EMBRAPA Agroindústria Tropical, em especial a Adna Lucianne Girão Modesto por toda paciência e auxílio durante o processamento das bebidas.

À Analista de laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, Hilton César Rodrigues Magalhães pela disposição nas análises de cromatografia gasosa.

Ao Laboratório de Análise Sensorial, em especial a Idila Maria da Silva Araújo pela ajuda na realização das análises.

Ao Secretário do Mestrado Paulo Mendes, pela disponibilidade, atenção e paciência no decorrer do curso.

A todos os professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos transmitidos.

A JANDÁIA Agroindústria S/A pela polpa de caju cedida para realização da pesquisa.

Aos meus pais, Daniel e Herbene, por todo amor, dedicação e valiosos ensinamentos durante toda minha vida, sempre me estimulando e incentivando a continuar a luta por meus sonhos.

Aos meus irmãos, Daniel Filho, Joana Darc e Tales, pelos momentos felizes, amizade e incentivo.

Ao Paulo Henrique, meu grande e eterno amor, pela valiosa amizade, companheirismo, cumplicidade, ensinamentos, incentivos, ajuda incansável, sempre compartilhando todos os momentos importantes da minha vida... Eu te amo!

A mais linda florzinha, Sofia, que com seu carinho e sorriso, tudo se torna mais fácil.

Aos companheiros do Laboratório de Frutos e Hortaliças, Alex Sandra, Aline, Amanda, Ana Cristina, Ana Valquíria, Bruno, Camila, Carla Lorena, Claísa, Denise, Fabiana, Joélia, Jorgiane, Karine, Kelvianny, Larissa, Leônia, Luana, Luciana, Mayla, Mazé, Nágela, Nara, Natália Kellen, Natália Sucupira, Nice, Patrícia, Samira, Samuel, Stephany Emmanuely, Raniere, Virlane, Winne pelos anos de convivência e parceria.

Às grandes amigas Aline e Ana Valquíria, pela amizade, pelo apoio, pelos momentos de estudo e descontração e pelos momentos importantes em que esteve presente em minha vida.

Aos funcionários do Laboratório de Frutos e Hortaliças, D. Hilda e “Seu” Omar pela paciência e amizade.

À Regina Bastos pelo carinho e amizade.

Aos colegas do curso de doutorado Ana Valquíria Vasconcelos, Ana Carolina Pereira, Tatiana Vidal e Ana Lúcia.

Às minhas tias e primos, em especial, Maria Prado, Aparecida, Cláudia e Régia, pelo apoio e companheirismo fornecidos durante toda a minha vida.

Aos meus cunhados Lidiane, Leirson, Nariane, Paulo, Tércia, Tarcila, Fábio, Luís e Roseane e aos sobrinhos, Paulo Ernesto, Thaís, Tamara, Lucas e Maria Clara pelas horas de companhia e descontração, além de todo carinho, apoio e incentivo.

Ao meu mais novo sobrinho, Arthur, todo meu amor.

À família Machado Sousa que sempre vibrou com minhas vitórias, além de todo o apoio, carinho e incentivo.

Ao Paulo Lima, Tércia, Paulo Ernesto, Tamara, Vanessa e Jordão pela amizade, pelos inúmeros momentos de lazer e pela ótima convivência.

Aos bolsistas e funcionários da EMBRAPA Agroindústria Tropical, por gentilmente terem participado das análises sensoriais.

Àqueles que por ventura não foram citados, mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e que com certeza estão felizes por mais esta vitória.

Muito Obrigada!

RESUMO

Apesar do forte apelo que os sucos de frutas têm, devido ao seu sabor e à preocupação da população em consumir produtos saudáveis, há muitas razões para se produzir misturas de sucos puros e produtos de sucos, pois eles fornecem carboidratos, carotenóides, vitaminas, compostos fenólicos e minerais, componentes importantes na nutrição humana e no combate aos radicais livres. Além da mistura de frutas para bebidas, tem sido também bastante estudada a adição de componentes com alegações de propriedades funcionais, visando à elaboração de bebida de frutas enriquecidas. O caju é uma fruta tropical, cuja produção, no Brasil, está concentrada no Nordeste, sendo de grande importância social e econômica para a região. O caju é fonte de vitamina C e compostos fenólicos, substâncias com alto potencial antioxidante. O araçá-boi apesar de apresentar propriedades sensoriais excelentes, não é consumida ao natural, sendo dessa forma utilizada como misturas. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver bebidas mistas formuladas com caju e araçá-boi adicionadas de ômega-3, avaliando o comportamento químico, físico-químico, microbiológico e sensorial durante 120 dias de armazenamento, além de avaliar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos e antioxidantes das mesmas. A bebida mista foi selecionada em um experimento de superfície de resposta, onde a mais aceita pelo teste de aceitação global foi à formulação contendo 18,6% de caju e 9,3% de araçá-boi. A partir desta formulação, elaboraram-se três bebidas: bebida mista de caju e araçá-boi (F1), bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 (F2) e bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado (F3). Foram realizadas determinações químicas e físico-químicas de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, carotenóides totais e cor instrumental e compostos bioativos de ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e quantificação da atividade antioxidante total pelo método ABTS e FRAP. A análise sensorial foi realizada através de testes afetivos, avaliando aparência, aceitação global e sabor e análise microbiológica foi realizada através do teste de esterilidade comercial. Os experimentos foram realizados em três repetições e as determinações foram feitas em triplicatas. As análises químicas e físico-químicas apresentaram pouca diferença entre as formulações e o tempo de armazenamento, sendo os métodos ABTS e FRAP de determinação de atividade antioxidante os que apresentaram maiores variações. Os parâmetros pH, sólidos solúveis, acidez titulável, fenólicos totais, L*, a*, b*, cromas e Hue não foi observado interações significativas entre as formulações e o tempo de armazenamento. O pH das bebidas mistas de caju e araçá-boi apresentaram média em torno de 3,0. Os teores de sólidos solúveis permaneceram coerentes

aos teores fixados para as bebidas, encontrando-se em torno de 11° Brix. Os valores de ácido ascórbico não sofreram diferenças significativas entre as formulações, variando de 30,32 a 33,31 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico. Os teores de carotenóides totais variaram de 187,73 a 242,63 µg.100g⁻¹, observando valores mais altos para as formulações contendo ômega-3. Os valores de compostos fenólicos variaram de 74,25 a 88,83mg de AGE.100⁻¹. Os atributos sensoriais apresentaram variação discreta ao longo do armazenamento, com exceção da bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 não-encapsulada, devido ao aparecimento de sabor estranho com o armazenamento pelo sabor característico do ômega-3 oxidado. A biodisponibilidade dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante aumentou com o armazenamento. A elaboração de bebidas de caju e araçá-boi é viável, dentro do processamento utilizado, torna-se mais uma alternativa de aproveitamento e agregação de valor para o pedúnculo de caju e o araçá-boi.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, *Eugenia stipitata*, ácido graxo poliinsaturado, vida de prateleira, bioacessibilidade.

ABSTRACT

In spite of the strong appeal that the tropical fruit juice have due to its flavor and the people concern to consume wealthy products, there are many reasons for the production of purê fruit juices and juice products, since they furnish carbohydrates, carotenoids, vitamins phenolic compounds and minerals, important components in the human nutrition and in the control of free radicals. Besides the fruit mixture for beverages, it has been enough studied the addition of components with allegation of functional properties, aiming the preparation of fruit enriched beverages. The cashew apple is a tropical fruit which Brazilian production is located in the northeast being of great social and economic importance for this region. The cashew apple is source of vitamin C and phenolic compounds with high antioxidant properties. The araçá-boi in despite of its excellent sensory properties, is not consumed raw being used in mixtures. Therefore this work have the purpose to develop mixed beverages using araçá-boi added with w-3 following the evaluation of its chemical, physicochemical microbiological and sensorial behavior during 120 days of storage besides the bioaccessibility of its phenolic compounds and antioxidants. The mixed beverage was selected in an experiment of response surface, where the more accepted by the global acceptance test was the formulation containing 18.6% of cashew apple and 93.3% of araçá-boi. From this formulation, three beverages were prepared: mixed beverage of cashew apple and araçá-boi (F1); mixed beverage of cashew apple and araçá-boi added w-3 (F2); and mixed beverage of cashew apple and araçá-boi added encapsulated w-3 (F3). Several chemical and physicochemical analysis such as: pH, soluble solids, acidity, total carotenoids, instrumental color and bioactive compounds ascorbic acid, total phenolic compounds and quantification of total antioxidant capacity using the methods ABTS and FRAP. The sensorial evaluation was done through affective tests, evaluating appearance, global acceptance and taste, and the microbiological evaluation analysis through tests of commercial sterility. The experiments were performed in three repetitions and the determinations were done in triplicates. The chemical and physicochemical analysis showed small differences among the formulations and storage time being the methods ABTS and FRAP for antioxidant properties whose which presented greater variations. The parameters pH, soluble solids, acidity total, phenolics, L*, a*, b*, croma and Hue did not present significative interactions among the formulations and the storage time. The pH of the mixed beverages cashew apple and araçá-boi showed averages around 3.0. The soluble solids contents remained consistent the fixed values for beverages, around 11° Brix. The ascorbic acid content did not show significative differences among the formulations,

varying from 30.32 to 33.31 mg.100g⁻¹ of ascorbic acid. The total carotenoids content varied from 187.73 to 242.63 µg.100g⁻¹, observing higher values for the formulations containing w-3. The values for phenolic compounds varied from 74.25 to 88.83 mg AGE.100g⁻¹. The sensorial attributes showed a discrete variation during the storage, except for the mixed beverage of cashew apple and araçá-boi added non encapsulated w-3, due to the appearance of strange taste during storage, characteristic to oxidized w-3. Phenolic compounds and antioxidant capacity bioavailability increase during the storage. The production of beverages based on cashew apple and araçá-boi is viable through the processing used, and is an alternative to add value for the products from cashew apple and araçá-boi.

Key words: *Anacardium occidentale*, *Eugenia stipitata*, polyunsaturated fatty acid, shelf life, bioacceptability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Araçazeiro.....	23
Figura 2 – Fruto do araçazeiro	23
Figura 3 – Estrutura dos ácidos linoléico (a) e alfa-linolênico (b).	33
Figura 4 – Concentração dos principais ácidos graxos, DHA, EPA e ALA, em tecidos adultos (g/100g).....	37
Figura 5 – Vias bioquímicas dos ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 com seus efeitos sobre o metabolismo	38
Figura 6 – Volume de consumo por região do ácido graxo ômega-3.....	41
Figura 7- Métodos de Avaliação Sensorial	43
Figura 8 – Histograma de sexo, faixa etária e frequência de consumo dos provadores.	62
Figura 9- Histogramas de frequência da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação da avaliação sensorial dos atributos de aparência, aceitação global e sabor das bebidas mistas de caju e araçá-boi	64
Figura 10 – Análise de superfície de resposta para escolha da formulação mais bem aceita pelos provadores dentre as 11 formulações avaliadas com 11°Brix, através do atributo aceitação global.	66
Figura 11 - Fluxograma de preparação das bebidas formuladas com caju e araçá-boi e ômega-3.	74
Figura 12 - Distribuição do tamanho das partículas contendo o óleo DHA encapsulado com goma de cajueiro.....	82
Figura 13 – Cromatogramas da amostra contendo óleo DHA (a) e as cápsulas contendo o óleo DHA encapsulado com goma de cajueiro (b)	83
Figura 14 – Cromatograma da bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3.....	84
Figura 15 - Média dos valores de pH das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	86
Figura 16 - Média dos valores de acidez titulável das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	87
Figura 17 - Média dos valores de sólidos solúveis das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	88

Figura 18 - Média dos valores de sólidos solúveis das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	86
Figura 19– Diagrama (tonalidade e saturação) L*a*b*	87
Figura 20 - Média dos valores de a* das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	87
Figura 21 - Média dos valores de b* das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	88
Figura 22 - Média dos valores de Croma das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	88
Figura 23 - Média dos valores de Hue das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	89
Figura 24 - Média dos valores de vitamina C das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)	90
Figura 25 - Média dos valores de carotenóides das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)	91
Figura 26 - Média dos valores de fenólicos totais das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)	92
Figura 27– Atividade antioxidante total pelo método do ABTS das bebidas mistas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)	93
Figura 28 – Atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP) das bebidas mistas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	94
Figura 29 - Média do atributo sensorial aparência das bebidas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	96
Figura 30 – Valores do atributo sensorial aceitação global das bebidas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)	97
Figura 31 – Valores do atributo sensorial sabor das bebidas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).	97

Figura 32 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo zero dias.	99
Figura 33 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo 60 dias.	99
Figura 34 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo 120 dias.	100
Figura 35 - Representação das três bebidas mistas de caju e araçá-boi durante os 120 dias de armazenamento e (A), e os termos utilizados para descrever as amostras (B).	102
Figura 36 - % de bioacessibilidade de compostos fenólicos totais.....	118
Figura 37 % de bioacessibilidade de antioxidantes pelo método ABTS.	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química e nutricional do araçá-boi em 100g.....	25
Tabela 2 – Concentração dos ácidos linoléico, alfa-linolênico e razão n-6/n-3, em alimentos de origem vegetal.....	34
Tabela 3 - Benefícios nutricionais e terapêuticos do ômega-3.....	36
Tabela 4 - Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ômega-3	39
Tabela 5 - Composição das onze formulações determinadas no delineamento experimental. 60	
Tabela 6 - Proporções máximas e mínimas dos componentes das formulações	60
Tabela 7 - Resultados da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação das bebidas formuladas com caju e araçá-boi e as médias de aparência, aceitação global (AG) e sabor das onze formulações elaboradas para avaliação sensorial com 11 °Brix	63
Tabela 8 – Lista de descritores sensoriais	79
Tabela 9 – Comparação das médias durante o período de armazenamento para as determinações de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, L*, a*, b*, Cromo e Hue das bebidas mistas: F1 (bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionado de ômega-3), F3 (bebida de mista de caju e araçá-boi adicionado de ômega-3 encapsulado) 85	
Tabela 10 – Comparação de médias durante o período de armazenamento para as determinações de ácido ascórbico, carotenóides totais, polifenóis totais das bebidas mistas: F1 (bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3), F3 (bebida de mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado).....	92
Tabela 11 - Características dos provadores em % envolvidos nos testes sensoriais durante os 120 dias de armazenamento	97
Tabela 12 - Valores médios para o atributo aparência para as bebidas mistas de caju e araçá-boi.	97
Tabela 13 - Valores das médias para os polifenóis totais das três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi F1 (controle – bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado).....	119
Tabela 14 - Valores das médias para a atividade antioxidante total das três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi: F1(controle – bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado).	122

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.	127
Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido utilizado na avaliação sensorial das bebidas adoçadas com sacarose e diferentes edulcorantes.....	128
Apêndice C – Cromatograma da amostra de DHA	129
Apêndice D – Cromatograma da amostra de DHA encapsulado	130
Apêndice E – Cromatograma da bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3.	131
Apêndice F - Análise de Variância (ANOVA) e Regressão – pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável, L*, a* e b*	132
Apêndice G - Análise de Variância (ANOVA) e Regressão – valor Hue, valor Chroma, carotenóides totais e fenólicos totais	133
Apêndice H - Análise de Variância e Regressão – aparência, aceitação global e sabor	135

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 Araçá-boi.....	22
2.2 Caju.....	26
2.3 Bebidas mistas de frutas.....	29
2.4 Adição de componentes com alegações funcionais.....	30
2.4.1 Ácidos graxos poliinsaturados.....	32
2.4.1.1 Ácido Docosahexaenóico.....	36
2.4.2. Vias bioquímicas e seus efeitos no metabolismo.....	37
2.4.3 Ingestão Diária de Ômega-3.....	39
2.5 Alimentos Fortificados.....	40
2.6 Avaliação Sensorial.....	42
2.6.1 Tratamentos dos Dados de Métodos Sensorial Afetivos.....	42
2.6.2 Metodologia de Superfície de Resposta.....	44
2.6.3 Mapa de Preferência Interno.....	44
2.6.4 CATA.....	45
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO I.....	58
OTIMIZAÇÃO E SELEÇÃO DAS BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI.....	58
1 INTRODUÇÃO.....	58
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
2.1 Material.....	59
2.2. Metodologia.....	59
2.2.1. Definição da composição das bebidas mistas de caju e araçá-boi.....	59
2.2.2 Análise sensorial das onze formulações para escolha da bebida mista de caju e araçá-boi final.....	60
2.3 Análise estatística para escolha da formulação ideal.....	61
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
CAPÍTULO II.....	70

DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI ADICIONADAS DE ÔMEGA-3.....	70
1 INTRODUÇÃO.....	70
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
2.1 Matéria-prima.....	73
2.2 Metodologia.....	73
2.2.1 Processamento das bebidas mistas de caju e araçá-boi	73
2.2.2 Precipitação da goma de cajueiro e obtenção das partículas.....	75
2.2.3 Caracterização das partículas.....	75
2.2.4 Análise Cromatográfica do Óleo Adicionado na Bebida Mista.....	76
2.2.5 Caracterização química e físico-química das bebidas mistas de caju e araçá-boi adicionadas de ômega-3	76
2.2.6 Análise Sensorial	78
2.2.7 Análise Microbiológica - Teste de esterilidade comercial.....	79
2.3 Análise Estatística	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
3.1 Caracterização das partículas	81
3.2 Análise de Cromatografia Gasosa do Óleo	82
3.3 Determinações químicas e físico-químicas	84
3.4 Avaliação sensorial das bebidas mistas de caju e araçá-boi.....	96
3.4.1 Caracterização dos provadores	96
3.4.2 Teste de Aceitação.....	97
3.4.3 Mapa de Preferência Interno.....	100
4 CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS.....	107
CAPÍTULO III	114
BIOACESSIBILIDADE DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI	114
1 INTRODUÇÃO.....	114
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	116
2.1 Matéria-prima	116
2.2 Metodologia.....	116
2.2.1 Digestão Gastrointestinal simulada in vitro (Teste de Bioacessibilidade) nas três formulações de bebidas de caju e araçá-boi.....	116

2.2.2 Determinação dos teores de polifenóis e da atividade antioxidante total antes e após a digestão gastrointestinal simulada in vitro nas bebidas mistas de caju e araçá-boi....	117
2.2.2.1 <i>Compostos fenólicos</i>	117
2.2.2.2 <i>Atividade Antioxidante Total</i>	118
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	119
3.1 Compostos fenólicos.....	119
3.2 Atividade Antioxidante Total.....	122
4 CONCLUSÕES.....	124
REFERÊNCIAS.....	125

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura está presente em todos os estados brasileiros. O País apresenta diversidade de espécies únicas no mundo. E mesmo que ainda seja comum as pessoas cultivarem seus pomares domésticos, principalmente no interior do País, a atividade se consolida como uma das que mais gera empregos e renda do agronegócio nacional, estimando a abertura de 2,5 milhões de vagas no mercado de trabalho (ANUÁRIO, 2013).

A fruticultura, como atividade comercial, está disseminada pelo País. No entanto, alguns estados se destacam. São Paulo, sozinho representa mais de 40% da produção nacional, na seqüência, aparecem com destaque a Bahia, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Santa Catarina, Pernambuco, Ceará, Sergipe e Espírito Santo (ANUÁRIO, 2013).

A produção de frutas tropicais tem aumentado significativamente nos mercados nacional e internacional devido às suas propriedades sensoriais e um crescente reconhecimento de seus valores nutricionais e terapêuticos (BICAS *et al.*, 2011). A produção mundial das principais frutas tropicais atingiu 62 milhões de toneladas em 2010, um aumento de 15 milhões de toneladas desde 1998 (FAO, 2013).

O Brasil possui um grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas subexploradas de interesse potencial para a agroindústria. Essas frutas representam uma oportunidade para os produtores locais para obter acesso a mercados especiais em que os consumidores colocam ênfase no caráter exótico e na presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas (ALVES *et al.*, 2008).

O consumo de frutas já não é simplesmente o resultado do gosto e de preferência, mas tornou-se uma preocupação de saúde devido aos nutrientes que as frutas apresentam. Além de nutrientes essenciais, a maioria das frutas possui consideráveis quantidades de micronutrientes, tais como minerais, fibras, vitaminas e compostos fenólicos secundários. Crescente evidência mostra a importância desses micronutrientes para a saúde humana (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIM, 2008; VEER *et al.*, 2000).

Já é reconhecida a relação entre ingestão de frutas e hortaliças, e a diminuição do risco de desenvolvimento de diversas doenças crônico-degenerativas mediadas pela ação de radicais livres. Esses alimentos contêm grande concentração de compostos bioativos que possuem como função fisiológica a ação contra radicais livres (AVELLO; SUWALSKY, 2006).

O araçá-boi (*Eugenia stipitapa* McVaugh) é nativo da parte peruana da floresta amazônica, mas também pode ser encontrado no Nordeste e tem um potencial econômico porque a árvore cresce facilmente e rapidamente produz. Os frutos têm alta porcentagem de polpa (82%), além de sabor e aroma atrativos e tipicamente tropicais, são adequados para fabricação de sucos, sorvetes e doces (ANDRADE *et al.*, 2002). Em um estudo específico das suas vitaminas indicou-se a importância dessa fruta pelo seu conteúdo de pró-vitamina A e uma boa concentração de vitamina C (ROGEZ *et al.*, 2004). Devido a sua polpa ser suculenta e bastante ácida, o araçá-boi não se adequa para o consumo ao natural. É utilizado para a preparação de sucos, sorvetes, geleias e para a produção de néctar, sendo bastante útil na mistura com outras polpas de frutas (SACRAMENTO; BARRETTO; FARIA, 2008).

No Nordeste, vale à pena considerar o potencial da cultura do caju, pois o suco obtido do pedúnculo, considerando o seu alto valor nutritivo, representa matéria prima de excelente perspectiva para a elaboração de novas bebidas com sabores exóticos, para diferentes paladares (PRADO, 2010). O caju (*Anacardium occidentale* L.) é uma das frutas com a produção mais expressiva no Brasil, no entanto, menos de 20% de sua produção é utilizada pela indústria de suco de frutas. Isso geralmente é causado pela concentração da época da colheita em três meses, mostrando a importância da agroindústria para agregar valor aos produtos finais.

O pedúnculo de caju é considerado uma excelente fonte de vitamina C, cujo conteúdo em média é em torno de 269 mg por 100 ml de suco, cinco vezes maior do que os níveis da vitamina detectada em suco de laranja (CONTRERAS-CALDERÓN *et al.*, 2011). Além disso, é uma rica fonte de precursores de vitamina A, carotenóides e compostos fenólicos (KOZUBEK *et al.*, 2001; KUBO *et al.*, 2006).

A principal forma de utilização de caju é o processamento em suco, mas a sua adstringência elevada tende a prejudicar a sua aceitação. A formulação de misturas de frutas e néctares pode ser uma forma eficiente de reduzir o impacto negativo causado pela adstringência do caju (SOUSA *et al.*, 2007).

A indústria de alimentos continua esforçando-se para oferecer produtos novos com o objetivo de satisfazer as necessidades do consumidor. A crescente demanda por produtos saudáveis tem desafiado o setor de alimentos e bebidas (MOREIRA *et al.*, 2010). O desenvolvimento de suco ou néctar misto de frutas é um recurso à disposição das indústrias, por apresentarem novos sabores, melhorarem textura e cor (FARAONI, 2009).

Hoje, os alimentos não se destinam apenas a satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários para os seres humanos, mas também para evitar doenças relacionadas

com a nutrição e melhorar o bem-estar (NÖTHLINGS *et al.*, 2007; TAKACHI *et al.*, 2008). Portanto, tem-se estudado a adição de compostos funcionais, visando à elaboração de uma bebida com efeitos benéficos à saúde (FARAONI, 2009). O aumento da procura para tais alimentos pode ser explicado pelo elevado cuidado com a saúde, aumento da expectativa de vida e o desejo das pessoas mais velhas para a melhoria da qualidade de vida (BETORET *et al.*, 2011).

Dentre os componentes funcionais, ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 tem sido adicionado em inúmeros produtos alimentares, tais como pães, barras, laticínios, massas, sorvetes ou *milk-shakes* (KOLANOWSKI; LAUFENBERG, 2006). O ômega-3 apresenta múltiplos efeitos na saúde da população, levando melhoria na pressão sanguínea, na função cardíaca, no metabolismo lipídico, apresenta efeito antiinflamatório, reduz o estresse oxidativo, colabora na prevenção de inúmeras doenças, dentre elas doenças cardiovasculares, câncer, artrite, mal de Alzheimer (MORI, 2006; DIMITROW; JAWIEN, 2009); além de seus efeitos benéficos terem sido demonstrados na prevenção de diabetes tipo 2, da artrite reumatóide entre outras (FAGUNDES, 2002; HU *et al.*, 2002; KRIS-ETHERTON; HARRIS; APPE, 2002; YEHUDA *et al.*, 2002).

Neste contexto, a presente pesquisa teve o objetivo de desenvolver bebidas mistas de caju e araçá-boi e caju, e avaliar a estabilidade microbiológica, química e sensorial de bebidas mistas de caju e araçá-boi adicionadas de ômega-3, além de quantificar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos e antioxidantes durante os 120 dias de armazenamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Araçá-boi

Há diversos cultivares de araçá: araçá-branco, araçá-cinzentos, araçá-rosa, araçá-vermelho, araçá-verde, araçá-amarelo, araçá-do-mato, araçá-da-praia, araçá-do-campo, araçá-de-festa, araçá-de-minas, araçá-do-pernambuco, araçá-do-pará, araçá-de-coroa, araçá-boi, araçá-pêra, araçámanteiga, araçá-de-folha-grande, araçá-miúdo, araçá-mirim, araçá-guaçu, araçá-peba, araçá-piranga, araçá-araçanduba, araçá-comum, araçá-verdadeiro ou, simplesmente araçá; esses muitos araçás encontram-se espalhados por todo o Brasil, dos campos sulinos até a floresta amazônica, de preferência onde haja umidade e calor (ALMEIDA, 2009).

Araçá-boi (*Eugenia stipitata*, Mc Vagh), também conhecida como “ubá-caxi”, que vem do tupi guarani e significa “fruta das sementes (nesse caso, a polpa) cheirosas” (COLECIONANDO FRUTAS, 2014). É uma fruta da família *Mirtacea*, nativa da Amazônia Ocidental e das Guianas, sendo adaptada aos climas tropicais e subtropicais é encontrado na região Amazônica, Mato Grosso e Bahia, mas ainda sem exploração comercial (VIANA *et al.*, 2012). Está sendo introduzida na agricultura moderna, devido ao potencial de comercialização de seus frutos (GENTIL; CLEMENT, 1996).

O araçazeiro é pouco conhecido fora da Amazônia e foi introduzido na região sul da Bahia na década de oitenta como alternativa de diversificação da lavoura cacaueteira, mais ainda é pouco explorado de forma econômica. A região Sul da Bahia caracteriza-se por ter um clima tropical úmido com temperatura e índice pluviométrico que favorecem o cultivo de diversas frutíferas originárias da região Amazônica (SACRAMENTO *et al.*, 2008).

Encontrado no Brasil em estado silvestre, prefere solos secos e não é exigente quanto ao clima, resistindo a geadas, sendo sua frutificação de janeiro a maio (SILVA; TASSARA, 1996). Pode ser encontrado no Nordeste e tem um potencial econômico porque a árvore cresce facilmente e logo produz.

Introduzido na Bahia, o araçazeiro tem mostrado um excelente comportamento, produzindo praticamente durante todo ano. Seus frutos apresentam casca fina e cerca de 60% de polpa, podendo ser utilizado para confecção de sucos, sorvetes e geleias. A sua alta acidez dificulta o seu consumo in natura, mas o torna potencialmente útil no preparo de formulações com outras polpas de baixa acidez.

O araçazeiro é uma árvore que pode variar de 70 cm a 10 m de altura, de casca lisa escamosa e copa esparsa. As folhas são geralmente avermelhadas quando jovens, possuindo flores branco-esverdeadas (Figura 1).

O araçá, fruto do araçazeiro, é arredondado, de coloração verde, amarela ou vermelha de acordo com a espécie (Figura 2). A polpa é branca, amarelada ou avermelhada, mucilaginosa, aromática, contendo muitas sementes. Tem o seu sabor lembrando um pouco o da goiaba, embora seja um pouco mais ácido e de perfume mais acentuado, eles amadurecem por volta de setembro (HAMINIUK, 2005). É usado no preparo de sorvetes e refrescos e também de um doce muito parecido com a goiabada.

Figura 1 – Araçazeiro



Fonte: Pier, 2010

Figura 2 – Fruto do araçazeiro



Fonte: Sacramento; Barreto; Faria, 2008.

O fruto é uma baga globosa, com o peso variando entre 30 a 800 g, apresenta formato arredondado ou achatado, diâmetro longitudinal de 5 a 10 cm e transversal de 5 a 12 cm, casca fina de coloração amarela, polpa ácida de coloração amarelo-clara, com 4 a 10 sementes de 0,5 a 1,0 cm de comprimento (SACRAMENTO; BARRETTO; FARIA, 2008).

Os frutos têm alta porcentagem de polpa (82%), além de sabor e aroma atrativos e tipicamente tropicais, são adequados para fabricação de sucos, sorvetes e doces (ANDRADE *et al.*, 2002). Em um estudo específico das suas vitaminas indicou a importância dessa fruta pelo seu conteúdo de pró-vitamina A e uma boa concentração de vitamina C (ROGEZ *et al.*, 2004). Rico em terpenos, compostos voláteis, fibras e vitamina C. A fruta é reconhecida por sua alta atividade antioxidante e tem atraído muita atenção devido ao seu potencial para a saúde benéficos para os seres humanos (NERI-NUMA *et al.*, 2013).

Em função da precocidade, da frequência e do grande volume de produção da planta, associados ao sabor característico e agradável da polpa da fruta, o araçá-boi destaca-se como uma das espécies nativas da Amazônia de grande potencial, com perspectivas no desenvolvimento na agroindústria (GENTIL; CLEMENT, 1997).

Devido ao seu sabor e aroma característicos e a sua polpa suculenta, com teor de sólidos solúveis de 5,54 °Brix, com acidez elevada (2,38%) e relação °Brix/acidez extremamente baixa (2,33) para os padrões de gosto dos brasileiros, o araçá-boi não serve para consumo ao natural, sendo utilizado para a preparação de sucos, néctares, doces, frutos desidratados, iogurtes, sorvetes e geleias, sendo bastante útil na mistura com outras polpas de frutas (GENOVESE *et al.*, 2008; SACRAMENTO; BARRETO; FARIA, 2008).

Soares (2009) encontrou em seu estudo valores de pH (2,71), acidez (3,62% ácido cítrico), sólidos solúveis (6,36), vitamina C (1,20 mg/100g), açúcares solúveis totais (6,846%), açúcares redutores (4,439%), cor (L^* - 63,59, a^* - 10,97, b^* - 44,71).

Sacramento, Barretto e Faria (2008) e Villachica *et al.* (1996) consideram que o alto rendimento da polpa observados pelo araçá, o sabor e a ótima aparência são ideais para compor sucos com outras frutas. Ainda que o mercado desse tipo de produto seja pequeno na América do Sul, a demanda de sucos de frutas mistos é muito grande nos Estados Unidos e na Europa.

Nem todos os cultivares de araçá rendem frutos adequados para serem processados industrialmente, pois na elaboração da polpa, necessita-se de frutas que proporcionem um produto de boa consistência, sabor e cor, que são os três fatores que mais influenciam na qualidade de néctares e sucos (CEREZAL; BATISTA; PINÑERA, 1995). Por outro lado, deve-se considerar que existem diferenças na qualidade dos frutos, inclusive para

uma mesma variedade, o que pode ser explicado, dentre outros fatores, devido às distintas condições climáticas existentes nas diferentes regiões de cultivo (PINTO, 1981).

A polpa do fruto do araçá-boi apresenta excelentes propriedades sensoriais, que lhe conferem um sabor e aroma característicos. Além disso, tem um alto conteúdo de água, proteína e fibras, e um considerado conteúdo de vitaminas e sais minerais, destacando os elevados conteúdos de nitrogênio e potássio. O elevado conteúdo de água do fruto favorece a elaboração de suco (ANDRADE *et al.*, 1989), mas causa o enfraquecimento do mesocarpo e epicarpo, deixando mais sujeito a deterioração. A quantidade de vitamina A em 100 g de polpa, segundo Aguiar (1983), pode suprir as necessidades diárias de uma pessoa adulta, já a quantidade de vitamina C na polpa dos frutos é variável e depende da planta, das condições climáticas predominantes no ciclo do cultivo, manejo do cultivo e estado de maturação dos frutos.

Possui muitos minerais, como o cálcio, útil na prevenção e combate à osteoporose; o fósforo, ótimo para o cérebro e para descanso mental; o ferro, que combate a anemia, principalmente em mulheres grávidas. A casca contém tanino, que é um antidiarréico. As fibras presentes evitam que nosso organismo acumule toxinas e ajuda na prisão de ventre (FRANCO, 2008).

A Tabela 1 apresenta a composição química e nutricional do araçá-boi (*Psidium spp.*), segundo alguns autores.

Tabela 1 – Composição química e nutricional do araçá-boi em 100g

Componente	Pinedo, Ramírez, Blasco (1981)	Andrade <i>et al.</i> (1989)	Franco (1999)	Sacramento, Barretto e Faria (2008)
Água (g)	90,0	93,7	-	-
Energia (Cal)	-	-	37,8	-
Proteína (%)	1,0	-	1,0	-
Gordura (%)	0,3	-	0,2	-
Carboidratos (%)	7,0	-	8,0	-
Cálcio (mg)	19,3	-	14,0	-
Fósforo (mg)	9,0	-	30,0	-
Potássio (mg)	215,3	-	-	-
Magnésio (mg)	19,3	-	-	-
Zinco (ppm)	11	-	-	-
Cobre (ppm)	5	-	-	-
Vitamina A (µg)	7,8	-	-	-
Vitamina C (mg)	7,7	-	-	0,53
Vitamina B1	-	101,1	-	-
pH	-	3,4	-	2,28
Açúcares redutores (g)	-	0,92	-	1,05
Açúcares não redutores (g)	-	1,19	-	0,16
Carotenóides totais (mg)	-	0,52	-	-
Fenólicos totais (mg)	-	274,12	-	-

- Valores não expressos

Neri-Numa *et al.* (2013) estudando o poder antioxidante, antiproliferativo e antimutagênicas de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh - Myrtaceae) encontrou valores para compostos fenólicos de $184,08 \pm 8,25$ mg GAE/g. Seguindo a categoria sugerida por Vasco, Ruales e Kamal - Eldin (2008) e Rufino *et al.* (2010), que estudaram o teor de fenólicos totais de vários frutos, no qual classificaram as frutas em (<100 mg GAE/100 g), médias (100-500 mg GAE/100 g) e alta (> 500 mg GAE/100 g) para amostras com base na matéria fresca. Dessa forma, de acordo com esta classificação *E. stipitata* encaixa na categoria médio teor de fenólicos.

2.2 Caju

O cajueiro é uma árvore pertencente à família da *Anacardiaceae*, nativo da América Tropical, de origem brasileira, especialmente encontrado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (ZEPKA *et al.*, 2009). É cultivado em diversos países, destacando-se pela produção na Índia, Brasil, Moçambique e Tanzânia (PERTINARI; TARSITANO, 2002).

É sem dúvida um dos frutos mais consumidos no Nordeste brasileiro, possuindo uma grande importância econômica e social para esta região. A área total plantada no País em agosto de 2012 foi 779.351 hectares, com produção de 248.732 toneladas, 9,9% maior que o ano de 2011. O maior produtor é o estado do Ceará com 52% da produção nacional, seguido dos estados do Piauí e Rio Grande do Norte (IBGE, 2012).

O estado do Ceará conta com cinco pólos que se dedicam ao caju, espalhados principalmente pelo extenso litoral, onde se concentra 85% da produção, em municípios como Aracati, Pacajus, Itapipoca e Camocim. Ainda há área menor de produção na região interiora do Cariri (ANUÁRIO, 2013).

A agroindústria do caju tem um papel importante na economia do Nordeste Brasileiro com uma estimativa oficial para a castanha de caju em 2011 de cerca de 298 mil toneladas (IBGE, 2012), o que corresponde a mais de 2,6 milhões de toneladas de caju. No entanto, apenas 18% do pedúnculo total são consumidos in natura ou processados industrialmente para a produção de diferentes produtos, tais como polpa, suco, néctares e doces. O pedúnculo possui uma pele muito frágil, o que o torna sensível a danos mecânicos durante seu transporte, sendo um fruto muito perecível, estima-se 80% de sua produção é desperdiçada, sendo grande a perda (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Botanicamente, o verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha, uma amêndoa envolvida por uma casca dura; enquanto o pedúnculo (pseudofruto ou “maçã”), conhecido

como caju, apresenta estrutura semelhante a uma fruta, fibrosa, succulenta, rica em vitamina C (FIGUEIREDO *et al.*, 2002; PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

Segundo Costa, Lima e Lima (2003), o Brasil é pioneiro e líder no aproveitamento de pedúnculo do caju, sendo o Estado do Ceará responsável por metade de toda a área de cajueiros nativos do Brasil – cerca de 364 mil hectares. A utilização do pedúnculo do caju é considerada como uma boa fonte de renda, além de apresentar várias opções tecnológicas de industrialização, principalmente quando aproveitado na elaboração de sucos, doces, refrigerantes, vinhos, polpas e outros produtos alimentícios e no consumo in natura, sendo bastante consumido nos mercados interno e externo (AGUIAR *et al.*, 2000; BORGES *et al.*, 2000; PERTINARI; TARSITANO, 2002).

2.2.1 Características químicas e funcionais

O caju é um fruto bastante rico em nutrientes apresentando em sua composição vitaminas, carotenóides, compostos fenólicos, sais minerais, ácidos orgânicos e carboidratos, constituindo-se assim uma importante fonte nutricional. Entretanto, esses componentes contribuem também para sua elevada perecibilidade, sendo necessários cuidados especiais na estocagem, transporte e processamento (KUBO, 2006).

O *marketing* realizado com as frutas quando o assunto é a quantidade de vitamina C se engloba apenas na laranja e, em segundo plano, na acerola. No entanto, o caju possui uma quantidade bem maior desta vitamina que a laranja, podendo ser muito mais útil e eficaz para a saúde e à manutenção dessa vitamina no organismo.

A vitamina C é necessária à prevenção do escorbuto e manutenção da saúde da pele, gengivas e vasos sanguíneos. Também possui diversas funções biológicas na formação de colágeno, absorção de ferro inorgânico, redução do nível de colesterol, inibição da formação de nitrosaminas e fortalecimento do sistema imunológico. Como antioxidante, reduz o risco de aterosclerose, doenças cardiovasculares e algumas formas de câncer (LEE; KADER, 2000).

O pedúnculo do caju apresenta alto conteúdo de vitamina C. Na literatura é encontrada uma grande variação de conteúdo de ácido ascórbico em caju, sendo relatados valores de 277,09 mg/100g de polpa (SILVA *et al.*, 2013), 163 mg/100 g (QUEIROZ *et al.*, 2011), 190 mg/100g (RUFINO *et al.*, 2010), 253,28 mg/100g de polpa (FIGUEIREDO *et al.*, 2007), 200 mg/100g de polpa (SANTOS *et al.*, 2007), 142,21-270,04 mg/100g de polpa (ABREU, 2007), valores considerados altos quando comparados à dose recomendada para

ingestão diária, que é de 45 mg/dia. Segundo Contreras-Calderón *et al.* (2011), o pedúnculo possui cinco vezes mais vitamina C do que os níveis detectada em suco de laranja. Além de vitaminas do complexo B, tais como tiamina e riboflavina (ARAÚJO; MUFARREJ; BORGES, 2004).

A estabilidade de ácido ascórbico pode mudar dependendo do pH do fruto, uma vez que um pH baixo protege este composto de oxidação (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Os carotenóides estão relacionados a importantes ações e funções fisiológicas, sendo a atividade de provitamínica A, a mais conhecida. Além disso, correlação positiva tem sido observada entre a ingestão de legumes e frutos contendo carotenóides e prevenção de várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, inflamação, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular relacionada à idade, entre outros (KRINSKY; LANDRUM; BONE, 2003; STAHL; SIES, 2005).

Silva *et al.* (2013) e Rufino *et al.* (2010) encontraram valores de carotenóides totais em caju 0,23 mg/100g de polpa e 0,4 mg/100g, respectivamente.

Dados da literatura mostram grande variabilidade no conteúdo de polifenóis (12,79-118 mg GAE/100 g de fruta) (BARRETO *et al.*, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2011; RUFINO *et al.*, 2010), devido às diferenças de solo, condições climáticas, safra, armazenamento pós-colheita e método de extração de polifenóis (QUEIROZ *et al.*, 2011).

A capacidade antioxidante de uma substância é definida como a sua capacidade para seqüestrar espécies reativas de oxigênio e eletrófilos. Estas espécies são formadas durante os processos normais no organismo, mas a sua acumulação leva a doenças como o câncer. Existem vários métodos para avaliar a capacidade antioxidante em amostras de alimentos, dessa forma, diferentes resultados podem ser encontrados para a mesma amostra, dependendo do método empregado (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Os antioxidantes são importantes porque, com o combate aos processos oxidativos, tem-se menores danos ao DNA e às macromoléculas (como lipídeos e proteínas) e, desta forma, amenizam-se os danos cumulativos que podem desencadear patologias como câncer, cardiopatias e catarata. Estes compostos podem atuar de diversas formas: evitando a formação de radicais livres através de reação com os produtos iniciais da oxidação lipídica, quelando metais pesados e evitando a formação de hidroperóxidos ao desativar o oxigênio (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

Em relação à atividade antioxidante do pedúnculo do caju, Abreu (2007) avaliou a atividade total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão-precoce, onde observou

que atividade antioxidante total para os pedúnculos dos clones variou de 6,84 a 34,35 μM Trolox/g de polpa, com média geral de 16,36 μM Trolox/g de polpa.

O suco de caju apresentou alta capacidade antioxidante por dois métodos utilizados (DPPH e FRAP), que podem estar relacionados a alta os níveis de ácido ascórbico e compostos fenólicos (QUEIROZ *et al.*, 2011). No entanto, Rufino *et al.* (2010) classificou caju como antioxidante médio entre as 18 frutas brasileiras analisadas em seu estudo.

2.3 Bebidas mistas de frutas

A legislação brasileira (BRASIL, 2003), através da Instrução Normativa nº 12 de 2003, define suco misto de frutas como sendo o suco obtido pela mistura de duas ou mais frutas e das partes comestíveis de dois ou mais vegetais, ou dos seus respectivos sucos, sendo a denominação da palavra suco, seguida da relação de frutas e vegetais utilizados, em ordem decrescente das quantidades presentes na mistura.

O néctar é a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível da fruta e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos. O néctar cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte e, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (m/m) (BRASIL, 2003).

Apesar do forte apelo e tradição que os sucos de frutas têm, há muitas razões para produzir misturas de sucos puros e produtos de sucos. Entre elas, diminuir os custos através da adição de frutas mais baratas às frutas de alto custo, suprir escassez e disponibilidade sazonal de certos nutrientes do suco, compensar sabores excessivamente fortes (acidez elevada, adstringência, amargor), corrigir baixos teores de sólidos solúveis, melhorar cor e textura e principalmente enfatizar propriedades nutricionais ou fitoquímicas de certos produtos (BATES; MORRIS; CRANDALL, 2001; SOUSA, 2006).

Na produção de néctares, a partir de duas ou mais frutas, é importante à proporção que cada uma delas entra na composição. A maior ou menor proporção de um dos componentes determina o grau de aceitabilidade do néctar, assim como, dependendo das características das frutas que entram na mistura, será a quantidade a ser adicionada das polpas (SALOMÓN *et al.*, 1977).

Vários trabalhos foram realizados com bebidas mistas de frutas, como misto de manga, goiaba e acerola (FARAONI *et al.*, 2012), bebida mista de água de coco e suco de maracujá (SILVA *et al.*, 2006), água de coco e suco de acerola (LIMA *et al.*, 2008), água de coco, abacaxi e acerola (PEREIRA *et al.*, 2009). Alguns enriquecidos, como néctar misto de manga e cajá enriquecido com frutooligossacarídeos ou inulina (SILVA *et al.*, 2011), bebida energética de água de coco e suco de caju clarificado (CARVALHO *et al.*, 2006), manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos (ABREU *et al.*, 2011), água de coco, suco de caju e cafeína (CARVALHO *et al.*, 2007).

2.4 Adição de componentes com alegações funcionais

Na indústria de bebidas, uma alternativa para acrescentar valor nutricional ou simplesmente desenvolver novos sabores é a mistura de diferentes sucos de frutas na formulação de bebidas mistas (CARVALHO *et al.*, 2005). Além da mistura de frutas em bebidas, tem sido também bastante estudada a adição de componentes com alegações de propriedades funcionais, visando à elaboração de bebida de frutas enriquecidas (SOUSA, 2006). Lajolo (2005) relata que alimentos funcionais, ou alimentos com alegações funcionais ou de saúde, podem ser descritos como alimentos semelhantes em aparência ao alimento convencional, consumidos como parte da dieta usual, capazes de produzir demonstrados efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na conservação de uma boa saúde física e mental, podendo auxiliar na redução do risco de doenças crônicas degenerativas, além de suas funções nutricionais básicas.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1999) considera alegação de propriedade funcional aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. Não são aprovadas alegações para ingredientes ou componentes dos alimentos, e sim para o produto final que tenha esses ingredientes ou componentes.

Os alimentos funcionais são alimentos apresentados na forma comum que apresentam além das nutricionais básicas, propriedades benéficas. São consumidos em dietas convencionais, mas demonstram capacidade de regular funções corporais de forma a auxiliar na proteção contra doenças como hipertensão, diabetes, câncer, osteoporose e coronariopatias (SOUSA; SOUZA NETO; MAIA, 2003).

O termo nutracêutico define uma ampla variedade de alimentos e componentes alimentícios com apelos médico ou de saúde. Sua ação varia do suprimento de minerais e

vitaminas essenciais até a proteção contra várias doenças infecciosas (HUNGENHOLTZ; SMID, 2002). Tais produtos podem abranger nutrientes isolados, suplementos dietéticos e dietas para alimentos geneticamente planejados, alimentos funcionais, produtos herbais e alimentos processados tais como cereais, sopas e bebidas (KWAK; JUKES, 2001a).

Os alimentos funcionais apresentam as seguintes características (ROBERFROID, 2002):

- a) devem ser alimentos convencionais e serem consumidos na dieta normal/usual;
- b) devem ser compostos por componentes naturais, algumas vezes, em elevada concentração ou presentes em alimentos que normalmente não os supririam;
- c) devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, que pode aumentar o bem-estar e a saúde e/ou reduzir o risco de ocorrência de doenças, promovendo benefícios à saúde além de aumentar a qualidade de vida, incluindo os desempenhos físico, psicológico e comportamental;
- d) a alegação da propriedade funcional deve ter embasamento científico;
- e) pode ser um alimento natural ou um alimento no qual um componente tenha sido removido;
- g) pode ser um alimento onde a natureza de um ou mais componentes tenha sido modificada;
- h) pode ser um alimento no qual a bioatividade de um ou mais componentes tenha sido modificada.

Os nutracêuticos podem ser classificados como fibras dietéticas, ácidos graxos poliinsaturados, proteínas, peptídeos, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas antioxidantes e outros antioxidantes (glutathiona, selênio) (ANDLAUER; FÜRST, 2002).

O alvo dos nutracêuticos é significativamente diferente dos alimentos funcionais, por várias razões:

- a) enquanto que a prevenção e o tratamento de doenças (apelo médico) são relevantes aos nutracêuticos, apenas a redução do risco da doença, e não a prevenção e tratamento da doença estão envolvidos com os alimentos funcionais;
- b) enquanto que os nutracêuticos incluem suplementos dietéticos e outros tipos de alimentos, os alimentos funcionais devem estar na forma de um alimento comum (KWAK; JUKES, 2001b).

Para os ácidos graxos, a alegação funcional somente deve ser utilizada para os ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa provenientes de óleos de peixe (EPA - ácido eicosapentaenóico e DHA - ácido docosahexaenóico). O produto deve apresentar no mínimo

0,1g de EPA e ou DHA na porção ou em 100g ou 100mL do produto pronto para o consumo, caso a porção seja superior a 100g ou 100mL (ANVISA, 1999).

2.4.1 Ácidos graxos poliinsaturados

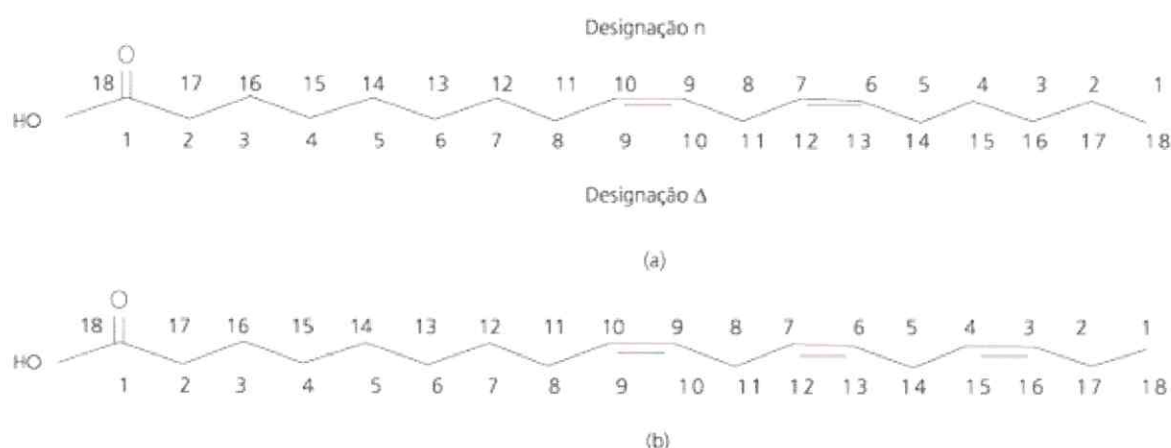
Os componentes lipídicos, especialmente os ácidos graxos, estão presentes nas mais diversas formas de vida, desempenhando importantes funções na estrutura das membranas celulares e nos processos metabólicos. Em humanos, os ácidos linoléico e alfa linolênico são necessários para manter, sob condições normais, as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos. Além dessas funções, os ácidos graxos participam da transferência do oxigênio atmosférico para o plasma sanguíneo, da síntese da hemoglobina e da divisão celular (YEHUDA *et al.*, 2002).

Existem três famílias importantes de ácidos graxos comumente consumidos na dieta: ω -9, ω -6 e ω -3, sendo que apenas as duas últimas representam os ácidos graxos essenciais para o organismo. Os lipídios de 18 átomos de carbonos que pertencem a essas famílias – ácido alfa linolênico (ALN, 18:3 ω -3), ácido linoléico (LA, 18:2 ω -6) e ácido oléico (18:1 ω -9) usam as mesmas enzimas – dessaturases e uma elongase para sintetizar seus derivados com 20 átomos de carbonos: ácidos eicosapentaenóico (EPA) (20:5 ω -3), ácido araquidônico (AA) (20:4 ω -6) e ácido eicosatrienóico (ETA) (20:3 ω -9) em ordem de preferência os substratos para essas enzimas: ω -3 > ω -6 > ω -9 (BISTRIAN, 2003).

Os ácidos graxos ω -6 e ω -3 são denominados essenciais, uma vez que os seres humanos e outros mamíferos são incapazes de sintetizá-los e deve obtê-los a partir de uma dieta (LAVIE *et al.*, 2009; YEHUDA *et al.*, 2002). Como representante básico do ω -6, pode ser citado o ácido linoléico (LA, 18:2 ω -6) e do ω -3, o ácido alfa-linolênico (ALN, 18:3 ω -3). Ácido eicosapentaenóico (EPA) (20:5 ω -3), ácido linolênico e ácido docosahexaenóico (DHA) (22:6 ω -3) são chamados três PUFAs ou ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (ω -3 série) (PEREIRA *et al.*, 2004).

As famílias ω -6 e ω -3 abrangem ácidos graxos que apresentam insaturações separadas apenas por um carbono metilênico, com a primeira insaturação no sexto e terceiro carbono, respectivamente, enumerado a partir do grupo metil terminal (Figura 3). A cadeia dos ácidos graxos também é enumerada a partir da carboxila, de acordo com a designação D (delta), que é mais aplicada ao estudar as reações químicas que envolvem esses ácidos (MARTIN *et al.*, 2006).

Figura 3 – Estrutura dos ácidos linoléico (a) e alfa-linolênico (b).



Fonte: MARTIN *ET al.* (2006)

Os ácidos linoléico e alfa-linolênico estão presentes tanto em espécies vegetais como animais empregados na alimentação humana (MARTIN *et al.*, 2006). Na natureza encontramos grandes quantidades de LA nas sementes da maioria das plantas, exceto no coco, no cacau e na palma. Por outro lado, ALN se encontra nos cloroplastos das hortaliças de folhas verdes-escuras, nas sementes de linhaça, colza, manjeriço japonês (*Perilla frutescens* L.) e nozes (LAVIE *et al.*, 2009; RAO *et al.*, 2008), sendo a sua concentração muito dependente da espécie e de fatores sazonais (MARTIN *et al.*, 2006).

O peixe é uma única fonte rica de ácido graxo poliinsaturado de cadeia longa ω -3. Outras fontes naturais são o leite humano, algas marinhas cultivadas e mamíferos marinhos. Ácido eicosapentaenóico (EPA), ácido docosahexaenóico (DHA) e ácido docosapentaenóico (DPA) também podem ser fornecidos pelos alimentos e suplementos enriquecidos com ω -3 (por exemplo, óleos de peixe, óleos unicelulares, óleos de krill adicionados aos alimentos ou consumidos como suplementos alimentares). Também existem em uma ampla gama de produtos vegetais, como nozes, especialmente noz inglês, sementes (NAMIKI, 2007), linhaça e óleos vegetais como soja e de canola, além do óleo de oliva (WHELAN; RUST, 2006).

Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em alimentos de origem vegetal. Embora as hortaliças apresentem pequenas quantidades do ácido alfa-linolênico, devido ao seu baixo conteúdo lipídico, o consumo de vegetais, como o agrião, a couve, a alface, o espinafre e o brócolis, pode contribuir para elevar a sua ingestão, principalmente em dietas vegetarianas. Entre os cereais e as leguminosas, a aveia, o arroz, o feijão, a ervilha e a soja, constituem importantes fontes desse ácido. Nos

óleos vegetais, a maior concentração do ácido alfa-linolênico ocorre no óleo de linhaça, sendo que os óleos de canola e soja também apresentam concentrações significativas (MARTIN *et al.*, 2006).

Tabela 2 – Concentração dos ácidos linoléico, alfa-linolênico e razão n-6/n-3, em alimentos de origem vegetal

Hortalças	18:2 n-6 (mg/g)	18:3 n-3 (mg/g)	n-6/n-3	Cereais e leguminosas	18:2 n-6 (mg/g)	18:3 n-3 (mg/g)	n-6/n-3
Agrião ¹	0,4	1,8	0,2	Arroz ²	0,6	0,1	4,8
Alface ¹	0,4	0,9	0,4	Arroz ² (parboilizado)	3,1	0,2	17,9
Brócolis ¹	0,5	1,1	0,5	Aveia ¹	24,4	1,1	22,0
Beldroega ¹	0,9	4,1	0,2	Ervilha ²	1,4	0,3	4,9
Couve ¹	1,4	1,8	0,8	Feijão ²	0,8	1,1	0,7
Couve-flor ¹	0,5	1,7	0,3	Lentilha ²	1,4	0,4	3,7
Espinafre ¹	0,3	1,3	0,2	Milho ²	58,6	1,8	32,5
Hortelã ¹	0,3	2,0	0,2	Soja ²	44,6	6,0	7,5
Frutas				Óleos			
Abacate ¹	16,7	1,3	12,5	Canola	203,0	93,0	2,2
Banana ¹	0,5	0,3	1,7	Linhaça	127,0	533,0	0,2
Mamão ¹	0,1	0,3	0,3	Milho	523,0	11,6	45,1
Manga ¹	0,4	0,1	4,0	Oliva	97,6	7,60	12,8
Morango ¹	1,8	0,7	2,6	Soja	510,0	66,0	7,5

¹Alimento cru; ²Alimento cozido.

Fonte: MARTIN *et al.* (2006)

Os vegetais terrestres e marinhos podem sintetizar ácidos graxos a partir de precursores mais simples e os peixes e outros animais podem alongar e dessaturar estes ácidos graxos transformando-os em ácidos poliinsaturados (PUFA). Em contrapartida, os mamíferos apesar de possuírem a capacidade para alongar e dessaturar os ácidos graxos para transformá-los, posteriormente, em ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, só o fazem a partir de precursores que devem estar presentes na constituição de sua dieta nutricional (BRENNER, 1987).

Os ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (ω -3) (PUFAs) são ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa com duas ou mais ligações, e a última dupla ligação no 3º carbono a partir do último (ω) da molécula. Os principais ω -3 na dieta são: ácido linoléico (ALA; 18:3 Δ 9, 12, 15), ácido eicosapentaenóico (EPA; 20:5 Δ 5, 8, 11, 14, 17), ácido docosahexaenóico (DHA; 22:6 Δ 4, 7, 10, 13, 16, 19) e ácido docosapentaenóico (DPA; 22:5 Δ 7, 10, 13, 16, 19). Os ácidos graxos poliinsaturados ω -3 são componentes estruturais importantes das membranas celulares e contribui para as várias funções da membrana, tais como a fluidez, a permeabilidade, a atividade de enzimas e receptores ligados à membrana, e a transdução de sinal (EFSA, 2012).

Os ácidos graxos de cadeia longa da família ômega 3 (EPA e DHA) são sintetizados nos seres humanos a partir do ácido linolênico. Este ácido graxo é também o precursor primordial das prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos com atividade antiinflamatória, anticoagulante, vasodilatadora e antiagregante (MORAES; COLLA, 2006; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005; RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2003).

Além de seu papel nutricional na dieta, os ácidos graxos poliinsaturado ômega 3 podem ajudar a prevenir ou tratar uma variedade de doenças, incluindo doenças do coração, câncer, artrite, depressão e mal de Alzheimer, apresentam atividade antiinflamatória, são reguladores do metabolismo de lipídios (DIMITROW; JAWIEN, 2009).

O aumento do consumo sugere que os ácidos graxos ômega-3 apresentam um papel protetor nas doenças coronarianas e suas complicações, pois metabolicamente eles aderem a produção hepática de triacilglicerol e apolipoproteína B, os principais constituintes lipídicos e proteicos das LDL (CONNOR, 2000).

Os ácidos graxos ω -3 são antiinflamatórios, antitrombóticos, antireumáticos e reduzem os lipídeos do sangue, tendo propriedades vasodilatadoras. Esses efeitos benéficos foram demonstrados na prevenção de doenças cardíacas, da hipertensão, do diabetes tipo 2, da artrite reumatóide entre outras (FAGUNDES, 2002; HU *et al.*, 2002; KRIS-ETHERTON; HARRIS; APPE, 2002; YEHUDA *et al.* 2002).

Apesar das controvérsias, o consumo adicional de ácidos graxos ω -3 (DHA e EPA) na dieta está sendo discutido e recomendado. Estudos epidemiológicos têm demonstrado que a ingestão de peixes regularmente na dieta tem efeito favorável sobre os níveis de triglicerídeos, pressão sanguínea, mecanismo de coagulação e ritmo cardíaco, na prevenção do câncer (mama, próstata e cólon) e redução da incidência de arteriosclerose (SOUSA; SOUZA NETO; MAIA, 2003). Os ácidos graxos ω -3 são também indispensáveis para os recém-nascidos por representarem um terço da estrutura de lipídeos no cérebro, carências destas substâncias podem ocasionar redução da produção de enzimas relacionadas às funções do aprendizado. O suprimento adequado de DHA na alimentação dos bebês é fundamental para o desenvolvimento da retina (MORAES; COLLA, 2006).

Além de seu papel nutricional na dieta, os ácidos graxos ω -3 podem ajudar a prevenir ou tratar uma variedade de doenças, incluindo doenças do coração, câncer, artrite, depressão e mal de Alzheimer entre outros (Tabela 3). Os ácidos graxos ω -3 devem ser consumidos numa proporção equilibrada com os ácidos graxos ω -6. Nutricionistas acreditam que uma proporção ideal seria de aproximadamente de 5:1 de ω -6 para ω -3 (MORAES; COLLA, 2006).

Tabela 3 - Benefícios nutricionais e terapêuticos do ômega-3

Especialidade médica	Redução do risco de impacto
Cardiologia	Morte súbita, isquemia, AVC, regulação lipídica, pressão arterial e redução de taquicardias
Cirurgia	Melhora a recuperação pós-cirúrgica
Reumatologia	Artrite reumatóide, osteoartrite, osteoporose, trombose
Psiquiatria	Depressão, desordem bipolar, esquizofrenia, hiperatividade
Oftalmologia	Degeneração macular associada à idade, retinite pigmentosa, glaucoma
Oncologia	Câncer de mama, cólon retal, endométrio, leucemia, melanoma, ovário, pâncreas, próstata, renal, especialmente de fonte gastrointestinal
Neurologia	Doença de Alzheimer, esclerose múltipla, demência
Enfermidades infecciosas	Asma, hepatites, nefropatias
Gastroenterologia	Enfermidade inflamatória intestinal (doença de crohn e colite ulcerativa),
Urologia	Prostatite, hiperplasia benigna da próstata

Fonte: Rueda; Domingo; Mach, 2011; Gogus; Smith, 2010.

De acordo com Rueda, Domingo e Mach (2011) os ácidos graxos poliinsaturados ω -3 apresentam funções como: diminuição da produção de mediadores pró-inflamatório aumento da inibição da agregação plaquetária, vasodilator, redução do VLDL e triglicérides e aumento do HDL, declínio da estimulação da síntese de proteínas reativas de fase aguda na inflamação, diminuição dos danos causados aos tecidos, diminui o estresse oxidativo.

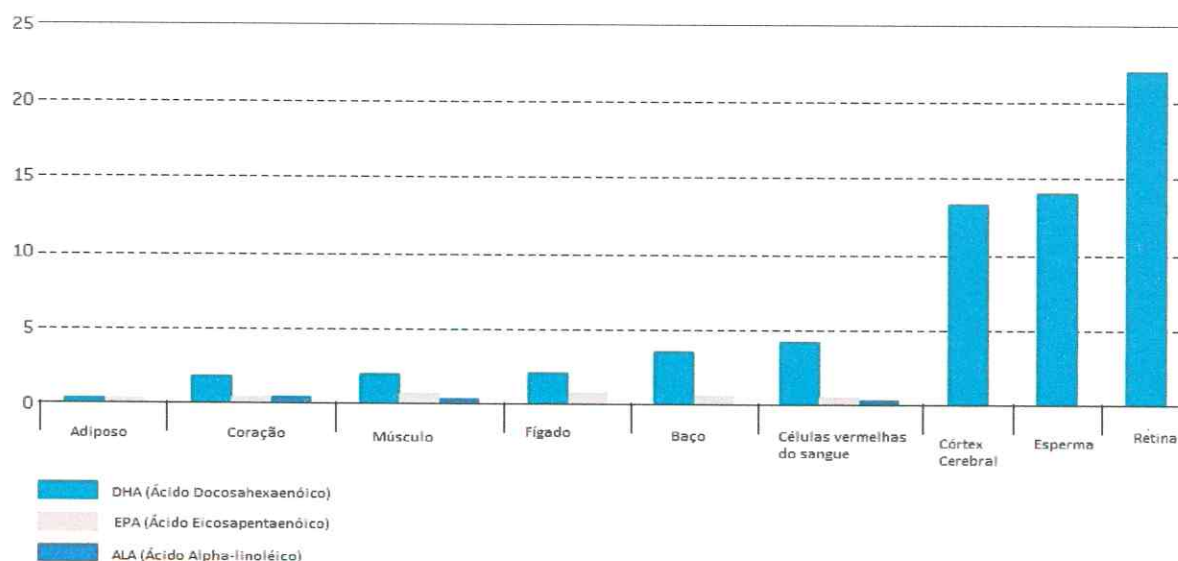
Os efeitos dos ácidos graxos poliinsaturados ω -3 em vários tipos de câncer e também em outros distúrbios clínicos, incluindo edema, artrite reumatóide, doenças cardiovasculares e outras doenças estão intimamente relacionadas com seu metabolismo (GOGUS; SMITH, 2010).

2.4.1.1 Ácido Docosahexaenóico

O 4,7,9,13,16,19 – Ácido Docosahexaenóico (DHA) é um tipo de ácido graxo Omega-3 que é utilizado pelo nosso corpo como um bloco de construção para as membranas celulares, onde desempenha um papel importante na fluidez da membrana, na flexibilidade e na permeabilidade (BRADBURY, 2011). Encontra-se em muitas áreas do corpo e em concentrações particularmente elevadas nos olhos, esperma e cérebro (Figura 4), enquanto outros ácidos graxos ω -3 estão presentes apenas em níveis muito baixos nessas áreas do corpo. No cérebro, o DHA serve como um grande bloco de construção estrutural e funcional. É o mais prevalente ácido graxo ω -3 presente na substância cinzenta (BRADBURY, 2011), representando cerca de 30% de seus lipídios estruturais. Portanto, a maioria dos especialistas

concorda que o DHA é o mais importante ácido graxo poliinsaturado ω -3 e que não pode ser substituído por outros ácidos graxos ω -3.

Figura 4 – Concentração dos principais ácidos graxos, DHA, EPA e ALA, em tecidos adultos (g/100g).



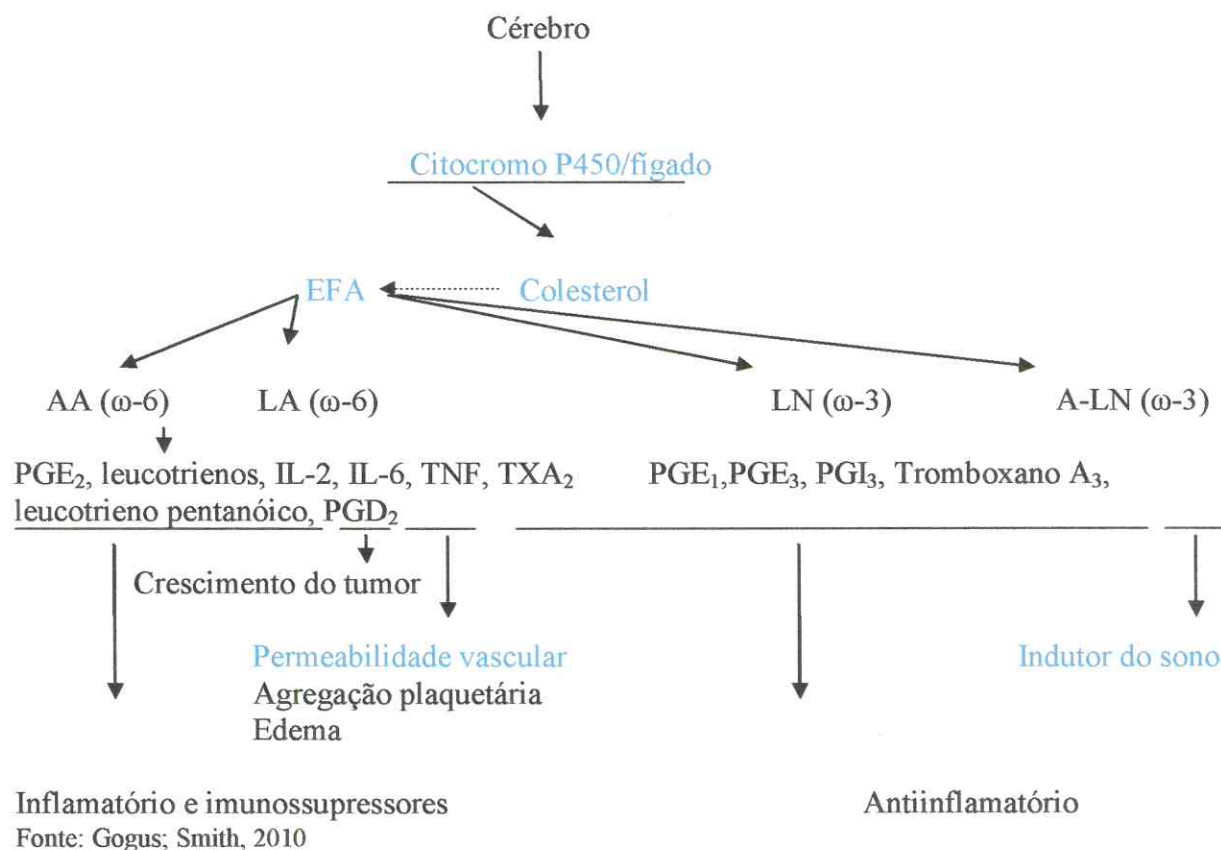
Fonte: Lonza, 2013

2.4.2. Vias bioquímicas e seus efeitos no metabolismo

Consumo de emulsões lipídicas ricas em ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 (LA e AA) leva a um aumento da quantidade de dienóicos prostaglandina E2 (PGE2) (um grupo de hormônio - substâncias que participam de uma ampla gama de funções no corpo como contração e relaxamento da musculatura lisa, dilatação e constrição dos vasos sanguíneos, controle da pressão arterial e modulação da inflamação), tromboxano (um lipídio que contrai os vasos sanguíneos e é produzido em plaquetas) e leucotrienos (lipídeos responsáveis pelos efeitos da resposta inflamatória pela produção de histamina). Em contraste, emulsões ricas em EPA, DHA e LA (PUFAs ômega-3) inibem a degradação do ácido araquidônico (AA), que é produzido pela síntese de dienóicos prostaglandina E2 (PGE2) (Figura 5). Este grupo (LN e ALN) produz PGE1, um hormônio de origem lipídica que tem efeitos benéficos sobre o corpo, em frente aos de PGE2, como regulação do movimento de cálcio, hormônios de controle da regulação e crescimento das células, PGE3 e PGI3. PGE3 e PGI3 têm efeitos benéficos semelhantes aos de PGE1, tais como inibição da inflamação e aumento da trienóico prostagladina, tromboxano A3 e leucotrienos pentaenóico (TRAUTWEIN, 2001). PGD2, uma prostaglandina que só é encontrada no cérebro e

mastócitos, é fundamental para o desenvolvimento de doenças alérgicas e é envolvida na regulação de reduzir a temperatura do corpo, no sono, age como um oposto ao PGE2. PGE1, E3 e I3 inibem as reações inflamatórias, em oposição a PGE2, enquanto A3 tromboxano diminui a ativação plaquetária e taxa de trombogênese ao contrário de tromboxano A2 que é produzido por PUFAs ω -6.

Figura 5 – Vias bioquímicas dos ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 com seus efeitos sobre o metabolismo



Simplificando, PUFAs ω -3 diminui o risco de inflamação e trombogênese causada por PUFAs ω -6 (NITENBERG; RAYNARD, 2000). LN na dieta é rapidamente convertido em outro ω -3 (ALN), que pode então ser convertido em AA ω -6.

Uma vez que AA é o precursor dos agentes inflamatórios tais como PGE₂, citocinas, interleucina-1 (IL-1), interleucina-2 (IL-2), interleucina-6 (IL-6) e ALN é o precursor do anti-inflamatório 1 eicosanóides da série, tais como PGE₁ (ENDRES *et al*, 1989; YEHUDA; RABINOVITZ; MOSTOFISKY, 1999); não é apenas a relação de AA para ALN, ou LN, mas também a taxa de conversão desses ácidos graxos uns aos outros, que é um fator significativo para prever se haverá inflamação no futuro (BELLUZZI, 2001).

2.4.3 Ingestão Diária de Ômega-3

Ingestão Diária Recomendada (IDR) é a quantidade de vitaminas, minerais e proteínas que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia (ANVISA, 1998).

Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (EPA, DHA e DPA) devem ser consumidos diariamente para garantir o bom metabolismo das gorduras. Em 1996, foram verificados os níveis de consumo diário de diferentes nutrientes para a população. O UNIS (Sociedade Italiana de Nutrição Humana) recomenda doses diárias de 1 g de ácidos graxos ômega-3. Várias recomendações foram também estabelecidas por grupos de população, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ômega-3

Categoria	Idade (anos)	g ômega-3 por dia
Recém nascidos	0,5 – 1	0,5
Meninos/meninas	1 – 3	0,7
	4 – 10	1
Crianças	11 – 14	1
Homens e Mulheres	15 até adultos	1
Grávidas e Lactantes	Grávidas e lactantes	1

Outros órgãos internacionais recomendam uma ingestão diária de ômega-3:

- O Departamento Canadense de Saúde, recomenda que uma dieta deva conter pelo menos 1,8g de ômega-3;

- A Fundação Britânica de Nutrição recomenda que 5% do total de energia seja proveniente dos ácidos graxos ômega-3. Níveis de ingestão adequada (AI) de ácidos graxos essenciais foram estabelecidos pelo Instituto de Medicina, por meio das Dietary Reference Intakes (DRIs), baseadas na ingestão média da população americana. Esses valores preconizados de consumo são de 17g e 12g/dia de ácido linoléico (ω -6) e 1,6g e 1,1g/dia de ácido linolênico (ω -3) para homens e mulheres, respectivamente. Por falta de dados suficientes, o Instituto de Medicina não estabeleceu AI ou RDA para AA, EPA ou DHA (INSTITUTE OF MEDICINE, 2002);

- O Departamento de Saúde do Reino Unido recomenda uma ingestão de 1,5g de EPA e DHA por semana, aproximadamente 0,2g por dia (UK Department of Health, 1994);

- A Academia Européia de Ciências da Nutrição recomenda e o Conselho de Saúde dos Países Baixos recomenda uma ingestão média de 2g de ALA e 0,2g de EPA mais DHA por dia (KOLANOWSKI; LAUFENBERG, 2006);

- Em 2000, o FDA declarou que a ingestão diária de EPA e DHA não deve exceder 3,0 g por dia por pessoa na forma de óleo de peixe, a partir dos alimentos e fontes de suplementos alimentares (FDA, 2000).

2.5 Alimentos Fortificados

A Portaria Nº 31, de 13 de janeiro de 1998 do Ministério da Saúde considera alimento fortificado/enriquecido ou simplesmente adicionado de nutrientes todo alimento ao qual for adicionado um ou mais nutrientes essenciais contidos naturalmente ou não no alimento, com o objetivo de reforçar o seu valor nutritivo e ou prevenir ou corrigir deficiência(s) demonstrada(s) em um ou mais nutrientes, na alimentação da população ou em grupos específicos da mesma (ANVISA, 1998).

Para o Codex Alimentarius, fortificação ou enriquecimento de alimentos significa a adição de um ou mais nutrientes essenciais para um alimento que podem ou não estar normalmente contidos no alimento com a finalidade de prevenir ou corrigir uma deficiência de um ou mais nutrientes na população ou em grupos específicos da população.

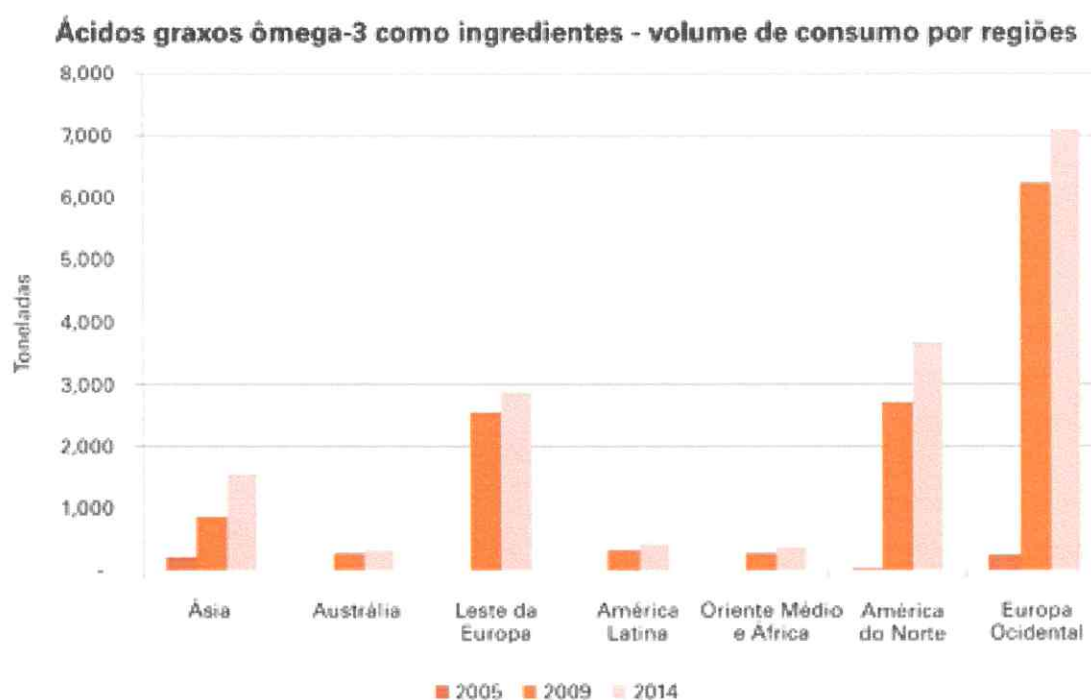
A fortificação de alimentos industrializados tem sido um dos melhores processos para a correção das deficiências nutricionais principalmente na infância. Para obtenção de resultados positivos com a fortificação de alimentos, o micronutriente utilizado deve possuir boa disponibilidade de absorção pelo organismo, características que não mudem a cor e o sabor do alimento fortificado, sendo de fácil acesso, pertencendo à alimentação habitual da população e de boa aceitação. É importante que haja um planejamento, e conjuntamente, criação de sistemas de monitoramento e fiscalização dos produtos fortificados, além do incentivo às pesquisas de avaliação de efetividade da ação (MARQUES *et al.*, 2012).

Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (ω -3) podem ser obtidos a partir de várias fontes, e devem ser adicionados à alimentação diária para desfrutar de uma boa saúde e para evitar muitas doenças (TUR *et al.*, 2012).

O banco de dados de ingredientes da Euromonitor International mostra que o volume global de consumo de ômega-3, usado na adição em alimentos processados, registrou um aumento surpreendente de 50 vezes entre 2004 e 2009. (EUROMONITOR INTERNACIONAL, 2013).

Em termos de consumo regional, a Europa Ocidental reivindica quase metade do valor global, seguido pela América do Norte e pela Europa Oriental, ambos com cerca de um quinto. A Ásia foi a região mais dinâmica em 2009, com um aumento de consumo de 30%, para 850 toneladas. A América do Norte também continua apresentando um forte crescimento, de 22%, o que demonstra que esse mercado não está nem perto da saturação (EUROMONITOR INTERNACIONAL, 2013) (Figura 6).

Figura 6 – Volume de consumo por região do ácido graxo ômega-3



Fonte: Euromonitor Internacional (2013)

Eficácia do ácido graxo poliinsaturado do tipo ômega-3 dependerá das formas que fornecem o mais alto nível de benefício à saúde. Os benefícios de saúde associados com fontes marinhas tem sido amplamente divulgados e são susceptíveis a motivação para a compra do consumidor de alimentos enriquecidos. A qualidade do óleo de peixe utilizado, o tipo de alimentos fortificados e o perfil de nutrientes dos alimentos também irão influenciar na função fisiológica do ômega-3 (KOLANOWSKI; LAUFENBERG, 2005).

Um dos principais desafios no desenvolvimento de alimentos enriquecidos é apresentado pelos critérios de aceitação, tais como, frescor do produto, características sensoriais, aparência, condições de armazenamento, facilidade de preparação e normas de segurança (DRUSCH; MANNINO, 2009).

A formulação, o processamento, a embalagem, a vida de prateleira e as condições de armazenamento de alimentos enriquecidos com ômega-3 são críticos para a biodisponibilidade e a estabilidade oxidativa. A influência desses fatores é complexa e multifacetada (NIELSEN; JACOBSEN, 2009).

Em paralelo com o aumento do conhecimento sobre o ômega-3, uma série de produtos ricos em ômega-3 foi introduzida no mercado. A maioria destes produtos são suplementos de saúde na forma de purificação de óleo de peixe em cápsulas moles de gelatina, que são vendidos em lojas e farmácias de todo o mundo (KOLANOWSKI; LAUFENBERG, 2006).

É interessante observar aonde o maior volume desses ácidos graxos ômega-3 vêm sendo aplicado. Novamente, segundo dados da Euromonitor International (2011), 44% são aplicados em pães industrializados/embalados, 32% em óleos e gorduras funcionais, 20% em produtos lácteos.

Tecnologia de alimentos torna possível fortalecer vários produtos alimentares como, por exemplo, pão, barra, laticínios, massas, sorvetes, milk-shakes ou concentrados instantâneos, de tal forma que os torna indistinguíveis dos alimentos não enriquecidos. Tais aplicações não são fáceis porque a adição de óleo de peixe apresenta problema na estabilidade especialmente em relação ao odor e sabor para a maioria dos produtos alimentares. Uma maneira de evitar esses problemas é adicionar óleo de peixe para produtos de curto prazo de validade dos alimentos. Outra maneira é converter óleo de peixe em pó por microencapsulação, uma técnica que altera a forma de óleo de peixe a partir de líquidos em pó e pode estabilizar o PUFA ômega-3 (KOLANOWSKI; LAUFENBERG, 2006).

2.6 Avaliação Sensorial

2.6.1 Tratamentos dos Dados de Métodos Sensorial Afetivos

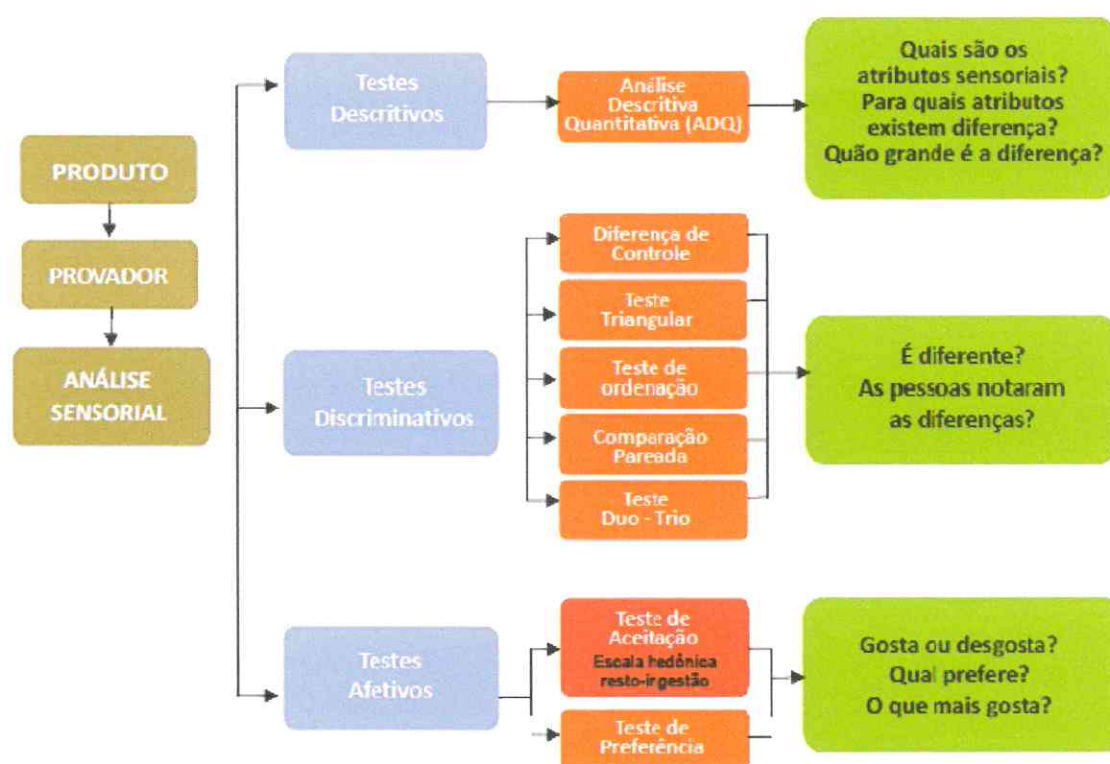
As indústrias de alimentos têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta neste processo, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial (LUCIA; MININ, CARNEIRO, 2010).

Os testes sensoriais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como “instrumentos” de medida e possui importante vantagem como, por exemplo, determinar a

aceitação de um produto por parte dos consumidores (CARDELLO & CARDELLO, 1998). Não é só de valor nutricional que se avalia um alimento. Para a maioria dos consumidores, as características sensoriais constituem o aspecto mais importante, para determinar se o alimento vai ou não vai ser bem aceito (FORDE; DELAHUNTY, 2004; RETONDO, 2004).

A avaliação sensorial necessita de ferramentas: os métodos usados para análise de produtos. A escolha do método de análise sensorial está baseada na resposta de algumas questões fundamentais, conforme mostra a figura 7.

Figura 7- Métodos de Avaliação Sensorial



Fonte: Manual, 2010

O teste de aceitabilidade faz parte da análise sensorial de alimentos, que evoca, mede, analisa e interpreta reações das características de alimentos e materiais como são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, paladar, tato e audição (ABNT, 1993).

Os testes afetivos têm como propósito a avaliação das respostas dos consumidores com relação à preferência e/ou aceitação dos produtos. Desta forma, estes testes têm demonstrado êxito no desenvolvimento, melhoria da qualidade, otimização e avaliação do mercado de produtos alimentícios (MEILGAARD *et al.*, 1999).

2.6.2 Metodologia de Superfície de Resposta

A metodologia de superfície de resposta é uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais e tem sido usada com grande sucesso de modelagem em diversos processos industriais. Esta metodologia é constituída de duas etapas distintas: modelagem e deslocamento. Essas etapas são repetidas tantas vezes forem necessárias com o objetivo de atingir uma região ótima (máximo ou mínimo) da superfície investigada. Na metodologia de superfície de resposta o número de variáveis não é uma restrição, nem o número de respostas, e pode ser aplicada a qualquer número de variáveis independentes e podendo modelar simultaneamente várias respostas. Essa característica é importante em muitas situações práticas, sobretudo na indústria, onde vários critérios têm de ser atendidos ao mesmo tempo (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2007).

A metodologia de superfície de resposta é essencialmente um conjunto de técnicas estatísticas usadas em pesquisas, com a finalidade de determinar as melhores condições e dar maior conhecimento sobre a natureza de certos fenômenos. É composta por planejamento e análise de experimentos, que procura relacionar respostas com os níveis de fatores quantitativos que afetam essas respostas (BOX; DRAPER, 1987).

É talvez a técnica de otimização mais utilizada em alimentos. Provavelmente devido sua eficiência e simplicidade (DE PENNA, 1999).

2.6.3 Mapa de Preferência Interno

O sucesso de um alimento no mercado depende da sua aceitação junto ao consumidor. No processo de desenvolvimento de novos produtos a determinação da aceitação e/ou preferência do produto se torna indispensável (REIS *et al.*, 2009). Esta informação se torna essencial para a empresa de alimentos no que diz respeito à aceitação por parte dos consumidores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

As metodologias tradicionais utilizadas para analisar os dados dos testes de aceitação possuem algumas limitações e/ou deficiências, pois os dados são analisados estatisticamente através da análise de variância e testes de comparação de médias. Dessa forma, para cada produto avaliado obtém-se a média do grupo de consumidores assumindo, portanto, que todos os respondentes possuem o mesmo comportamento, desconsiderando suas individualidades, podendo então ocorrer perda de informações importantes (REIS *et al.*, 2010).

O mapa de preferência é frequentemente aplicado para identificar grupos de consumidores, os quais respondem hedonicamente de forma uniforme, e possibilita diferir grupos por idade, sexo, atitudes, necessidades e hábitos alimentares (WESTD *et al.*, 2004).

A avaliação através de testes afetivos é, tradicionalmente, feita por meio de variância univariada e teste de médias. Assim, às vezes, a simples média de aceitação, quando existem categorias de consumidores com preferências opostas, faz com que o resultado de um grupo cancele o do outro, resultando em médias que, muitas vezes, não apresentam diferença significativa entre si.

Por esta razão, a variabilidade individual dos dados deve também ser considerada, e a estrutura dos dados analisadas. Tais análises podem ser realizadas pelo Mapa de Preferência Interno (MDPREF), que é uma técnica multidimensional que leva em consideração as preferências individuais dos consumidores, onde cada consumidor é representado individualmente no mapa, tendo sua significância proporcional à porcentagem de explicação dos dados (DUTCOSKY, 2007).

O Mapa de Preferência Interno (MDPREF) é uma técnica desenvolvida com o objetivo de comparar preferências e relacioná-las com as características de qualidade do produto, auxiliando na segmentação do mercado. Trata-se de um procedimento estatístico multidimensional que considera os consumidores (REIS *et al.*, 2010).

A maioria dos autores utiliza a Análise de Componentes Principais (ACP) para avaliar a matriz de dados de aceitação. Considera-se que os indivíduos da ACP são os consumidores e, as variáveis, são as amostras, identificando a maior variação dentro dos dados de preferência para a extração dos componentes. Essa técnica promove a redução da dimensionalidade e otimização da quantidade de variáveis, com a menor perda de informação possível, permitindo o agrupamento, em gráficos no espaço bi ou tridimensional, de indivíduos que tenham comportamento análogo com relação às variáveis (CARNEIRO, 2001; MOCHIZUKI; AMADIO, 2007).

2.6.4 CATA

O uso do marque tudo que aplique (CATA) para avaliação sensorial foi promovido por Adams *et al.* (2007) e, desde então, ganhou inúmeras aplicações e crescente aceitação.

O CATA vem ganhando popularidade para a caracterização sensorial de produtos alimentares por parte dos consumidores devido à sua simplicidade e facilidade de utilização

(ADAMS *et al.*, 2007; ARES *et al.*, 2010a; ARES *et al.*, 2011; DOOLEY, LEE, & MEULLENET, 2010; PLAETHN, 2012). Nesta abordagem, os consumidores são apresentados a uma lista de termos com o objetivo de selecionar todos os termos que eles consideraram adequados para o produto. Este tipo de pergunta foi usado em estudos de consumidor para determinar quais atributos sensoriais os consumidores percebem em diferentes produtos alimentícios (ADAMS *et al.*, 2007; DOOLEY *et al.*, 2010; ARES *et al.*, 2010b).

A relevância de cada termo é determinada calculando a sua frequência de utilização. Perguntas CATA foram relatadas para ser um método rápido, simples e fácil de reunir informações sobre a percepção do consumidor das características sensoriais de produtos alimentares (ADAMS *et al.*, 2007).

O CATA tem sido utilizado por pesquisadores para uma ampla gama de produtos, incluindo *snacks* (ADAMS *et al.*, 2007), maçã e cultivares (ARES; JAEGER, 2013), sorvete (DOOLEY, LEE, MEULLENET, 2010), sobremesas lácteas (ARES *et al.*, 2010b), bebidas em pó com sabor de laranja (ARES *et al.*, 2011), refrigerantes com sabor citrus (PLAETHN, 2012) e cosméticos (PARENTE, MANZONI E ARES, 2011).

As principais vantagens do CATA são: fornecem informações sobre a percepção do consumidor para as características sensoriais dos produtos e informações que também permite identificar as características sensoriais do produto ideal. Isto permite a identificação de condutores de preferência por um conjunto de produtos baseados exclusivamente sobre a percepção do consumidor e sem a necessidade de técnicas de regressão (ARES *et al.*, 2014).

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Análise sensorial de alimentos e bebidas: terminologia – NBR12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p.
- ABREU, C. R. A. **Qualidade e atividade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão-precoce**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adiconadas de prebióticos. **Alimentos e Nutrição** (UNESP. Marília), v. 22, p. 197-203, 2011
- ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In 7th Pangborn Sensory Science Symposium, Minneapolis, USA, 2007.
- AGUIAR, J. P. L. Araçá-boi (*Eugenia stipitata*, McVaugh): aspectos e dados preliminares sobre a sua composição química. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 5-6, p. 953- 954, 1983.
- AGUIAR, L. P. *et al.* Carotenóides totais em pedúnculos de clones de caju anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. Nanum). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, 2000. p. 55.
- ALMEIDA, N.M.S. **Frutos nativos do cerrado**. Disponível em: <<http://professoraneusa.files.wordpress.com/2008/04/frutos-do-cerrado.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2009.
- ALVES, R. E.; BRITO, E. A.; RUFINO, M. S. M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. **Acta Horticulturae**, v. 773, p. 299–305, 2008.
- ANDLAUER, W.; FÜRST, P. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. **Food Research International**. v. 35, p. 171-176, 2002.
- ANDRADE, J. S.; ARAGÃO, C. G.; CHAAR, J. S.; LEÃO, I. M. S. Caracterização do araçá-boi (*Eugenia stipitata* subsp. *sororia* McVaugh). In: *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 12., 1989, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro, SBCTA. 1989. p. 87.
- ANDRADE, R. S. G. de; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A.; NOBREGA, J. A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, v. 27, p. 393-401, 2002.
- ANDRIGUETO, J. R.; NASSER, L. C. B.; TEIXEIRA, J. M. A. Produção integrada de frutas: conceito, histórico e a evolução para o sistema agropecuário de produção integrada – SAPI. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: mar. 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2010. /Romar Rudolfo Beling... [et al.].
- Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n° 33, de 13 de janeiro de 1998*. Dispõe do Regulamento Técnico que estabelece a ingestão diária recomendada (IDR).

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n° 31, de 13 de janeiro de 1998. Dispõe do Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n° 18, de 30 de abril de 1999 (*). Dispõe do Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos

ARAÚJO, C.; MUFARREJ, L.; BORGES, M. A. **O poder de cura de vitaminas, minerais e outros suplementos.** Reader's Digest, 2004. 45p.

ARES, G.; BARREIRO, C.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, v. 25, p. 67–86, 2010a.

ARES, G.; DAUBER, C.; FERNÁNDEZ, E. GIMÉNEZ, A.; VARELA, P. Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 65–76, 2014

ARES, G.; DELIZA, R.; BARREIRO, C.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 417–426, 2010b.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v. 28, p. 141–153, 2013. p. 357–366, 2004.

ARES, G.; VARELA, P.; RADO, G.; GIMÉNEZ, A. Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orangeflavoured powdered drinks. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1600–1608, 2011

AVELLO, M.; SUWALSKY, M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de proteccion. **Atena**, Concepción, v.494, n. 2, p. 161-172, 2006.

BARRETO, G. P. M.; SOUZA, A. C. R., AZEREDO, H. M. C.; MERCADANTE, A. Z. Bioactive compounds and free radical scavenger activity in ingredients prepared from the waste of the cashew-apple nut industry. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 2, 207–213, 2007.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria.** Campinas, Editora da UNICAMP, 3ª edição, 2007, 480p

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDALL, P. G. Principles and practices of small – and medium- scale fruit juice processing. FAO Agricultural Services Bulletin, 146. **Food Science**

and Human Nutrition Department. University of Florida, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2515E/y2515e00.htm#toc>.> Acesso em: 20 out. 2013.

BELLUZZI, A. N-3 and n-6 fatty acids for the treatment of autoimmune diseases. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 103, p. 399–407, 2001.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; Fito, P. Functional foods development: trends and technologies. **Trends in Food Science & Technology**. v. 22, p. 498–508, 2011.

BICAS, J. L. *et al.* Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 1843-1855, 2011.

BISTRIAN, B.R. Clinical aspects of essential fatty on metabolism: **Jonathan Rhoads Lecture**. JPEN, v. 27 n. 3 p. 168, 2003.

BORGES, M. F. *et al.* Avaliação do crescimento celular de leveduras em suco de caju. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza, Ceará. Resumos.... Fortaleza: SBCTA, v. 3, n. 9, 2000. p. 60.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model building and response surfaces**. New York: J. Wiley, 1987. 669p.

BRADBURY, J. Docosahexaenoic acid (DHA): an ancient nutrient for the modern human brain. **Nutrients**, v. 3, n.5 p. 529- 554, 2011

BRASIL. Instrução Normativa nº 12 de 04 de setembro de 2003. Dispõe do Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical; e os Padrões de Identidade e Qualidade para Néctares. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2003.

BRENNER, R.R. Biosynthesis and interconversion of essential fatty acids. In: WILLIS, A.L. **Handbook of eicosanoids: prostaglandins and related lipids**, Chemical and biochemical aspects, part A. Flórida. v.1, p.99-117, 1987.

CARDELLO, H. M. A.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.2, p. 211-217, 1998.

CARNEIRO, J. C. S. **Processamento industrial de feijão, avaliação sensorial descritiva e mapa de preferência**. Viçosa, 2001, 90p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., Campinas, v. 25, n. 4, p. 813-818, 2005.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEREDO, R. W. ; BRITO, E. S.; RODRIGUES, S. Development of a blended nonalcoholic beverage composed of coconut water and cashew apple juice containing caffeine. **Journal of Food Quality**, v. 30, p. 664-681, 2007

CARVALHO, J. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; PRADO, G. M.; GONÇALVES, M. C. Mapa de preferência interno de bebida energética elaborada com água de coco e suco de caju clarificado. **Brazilian Journal of Food Technology (ITAL)**, São Paulo, v. 9, n.3, p. 171-175, 2006

CEREZAL, P.; BATISTA, A. R.; PINÑERA, R. M. Evaluation de cultivares de mango para la elaboracion de pulpas. **Alimentaria**, n. 260, p. 29-33, 1995.

COLECIONANDO FRUTAS. UBÁ-CAXI. Disponível em:
<www.colecionandofrutas.org/eugeniastipilata.htm> Acesso em: 06 fev. 2014.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**. v. 44, p. 2047–2053, 2011.

COSTA, T. S. A.; LIMA, A.; LIMA, M. V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. **Química Nova**, v. 26, n. 5, 2003.

DE PENNA, E.W. Metodos sensoriales y SUS aplicaciones. Avances en análisis sensorial. ALMEIDA, T.C.A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M.H.; da SILVA. M.A.A.P. (Orgs). CYTED. São Paulo. p.13-22. 1999.

DIMITROW, P. P; JAWIEN, M. Pleiotropic, cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 9, p. 1030-1039, 2009.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of check all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 394–401, 2010.

DRUSCH, S.; MANNINO, S. Patent-based review on industrial approaches for the microencapsulation of oils rich in polyunsaturated fatty acids. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 237–244, 2009.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007. 210 p.

EFSA. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). **EFSA Journal**. v. 10, n, 7, p. 2815, 2012.

ENDRES, S.; GHORBANI, R.; KELLEY, V.E. *et al.* The effect of dietary supplementation with (n-3) polyunsaturated fatty acids on the synthesis of interleukin-1 and tumour necrosis factor by mononuclear cells. **New England Journal of Medicine**, v. 320, p. 265–271, 1989.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. Fortificação de alimentos com ômega-3 mostra forte crescimento. Aditivos e Ingredientes, Euromonitor. p. 52-54. 2013

FAGUNDES, L. A. Ômega 3 e ômega 6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças. **Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, p.111, 2002.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Faostat**: statistics division online databases. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

FARAONI, A. S. **Desenvolvimento de sucos mistos de frutas tropicais adicionados de luteína e epigallocatequina galato**. 2009. 134f. Tese (doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2009.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A. N.; LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), v. 42, p. 911-917, 2012.

FDA. **FOOD AND DRUG ADMINISTRATION** (2000) Letter Regarding Dietary Supplement Health Claim for Omega-3 Fatty Acids and Coronary Heart Disease. <http://www.fda.gov/>. Acesso em: 16 nov. 2011.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Physical - chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during developments and maturation. **Food Chemistry**, v. 77, n. 3, p. 343-347, 2002.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.475-482, abr. 2007.

FORDE, C.G.; DELAHUNTY, C. M. Understanding the role cross-modal sensory interactions play in food acceptability in younger and older consumers. **Food Quality and Preference**. v. 15, p. 715-727, 2004.

FRANCO, G. **Tabela de Composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 307 p. 1999.

FRANCO, L. L. **Araçá: rica em vitamina C e fibras**. IASD em foco.net. Publicado em 11/09/2008. Disponível em: <http://www.iasdemfoco.net/mat/C_lington/abrejanela.asp?Id=48>. Acesso em: 10 abr. 2011.

GENOVESE, M. I.; PINTO, M. da S.; GONÇALVES, A. E. de S. S.; LAJOLO, F. M. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008

GENTIL, D. F. O.; CLEMENT, C. R. The araza (*Eugenia stipitata*): results directions. Interamerican Society for Tropical Horticulture, Curitiba, 1996. **Proceedings...** Curitiba, 1996. p.83-89.

GOGUS, U.; SMITH, C. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science & Technology*. n. 45, p. 417-436, 2010.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná. 2005.

HAWKES, C.; BLOUIN, C.; HENSON, S.; DRAGER, N.; DUBÉ, L. Trade, Food, Diet and Health: Perspectives and Policy Options. **Wiley-Blackwell**, Oxford. 2010.

HU, F.B.; BRONNER, L.; WELLET, W.C.; STAMPFER, M.J.; REXROD, K.M.; *et al.* Fish and omega 3 fatty acids intake and risk of coronary heart disease in women. *JAMA*. v.14 n. 287, p. 1815-1821, 2002.

HUNGENHOLTZ, J.; SMID, E. J. Nutraceutical production with food-grade microorganisms. *Current Opinion in Biotechnology*. v. 13, p. 49, 2002.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. 2012. Acesso em: 15 set. 2012.

INSTITUTE OF MEDICINE. Dietary Reference Intakes (DRIs) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids, Part 1. Washington (DC). **National Academy Press**, 2002.

KOLANOWSKI, W.; LAUFENBERG, G. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, v. 222, n. 3-4, p. 472-477, 2006.

KOZUBEK, A.; ZARNOWSKI, R.; STASIUK, M.; GUBERNATOR, J. Natural amphiphilic phenols as bioactive compounds. *Cellular & Molecular Biology Letters*. 6, 351-355, 2001.

KRINSKY, N. I.; LANDRUM, J. T.; BONE, R. A. Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition*. v.23, p.171- 201, 2003.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HARRIS, W.S.; APPEL, P.J. Fish oil omega 3 fatty acids, and cardiovascular disease. *AHA Scientific Statement*. *Circulation*. v.106 n.21 p.2747-2757, 2002.

KUBO, I.; MASUOKA, N.; HA, T. J.; TSUJIMOTO, K. Antioxidant activity of anacardic acids. *Food Chemistry*, London, v. 99, n. 3, p. 555-562, 2006.

KWAK, N.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. *Food Control*. v. 12, p. 99-107, 2001.

LAJOLO, F. M. **Alimentos funcionais: uma revisão geral**. In: DE ANGELIS, R. C. A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidade degenerativa. São Paulo: Atheneu, 2005. P. 175-181.

LAVIE, C. J.; MILANI, R. V.; MEHRA, M. R.; VENTURA, H. O. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Diseases. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 54, n. 7, p. 585-594, 2009.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Pre-harvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SILVA, F. V. G.; FIGUEIREDO, E. A. T. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** (Impresso), v. 28, p. 683-690, 2008

LUCIA, S. M. D.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise Sensorial de Alimentos. In: *Análise Sensorial: estudos com consumidores*. 2ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. Cap. 1

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

MANUAL. **Manual para aplicação dos testes de aceitabilidade no Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE**. Centro Colaborador em Alimentação e Nutrição Escolar Cecane – UNIFESP, 2010.

MARQUES, M. F.; MARQUES, M. M.; XAVIER, E. R.; GREGÓRIO, E. L. Fortificação de alimentos: uma alternativa para suprir as necessidades de micronutrientes no mundo contemporâneo. **HU Revista**, Juiz de Fora, v. 38, n. 1, p. 79-86, 2012.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MCMANUS, A.; MERGA, M.; NEWTON, W. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know. **Appetite**, v. 57, n. 1, p.80-83, 2011.

MOCHIZUKI, L.; AMADIO, A. C. A aplicação da análise dos componentes principais para o estudo do controle postural. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.21, n.1, p.69-80, 2007.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n.2, p. 109-122, 2006

MOREIRA, R. W. M.; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum Technology**. v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010

MORI, T. A. Ômega-3 Fatty acids and Hypertension in Humans. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 33, p. 842–846, 2006

- NAMIKI, M. 2007. Nutraceutical functions of sesame: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 47, p. 651–673, 2007.
- NERI-NUMA, I. A., CARVALHO-SILVA, L. B., MORALES, J. P., MALTA, L. G., MURAMOTO, M. T., FERREIRA, J. E. M., CARVALHO, J. E., RUIZ, A. L. T. G., JÚNIOR, M. R. M., PASTORE, G.M. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh — Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, p. 70–76, 2013.
- NIELSEN, N. S.; JACOBSEN, C. Methods for reducing lipid oxidation in fish-oil-enriched energy bars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1536–1546, 2009.
- NITENBERG, G.; RAYNARD, B. Nutritional support of the cancer patient issues and dilemmas. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, v. 34, p. 137–168, 2000.
- NÖTHLINGS, U.; MURPHY, S. P.; WILKENS, L. R.; HENDERSON, B. E.; KOLONEL, L. N. Flavonols and pancreatic cancer risk in the multiethnic cohort study. **American Journal of Epidemiology**, v. 166, n. 8, p. 924–931, 2007.
- PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Sebrae-CE, 2000. 88p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 38).
- PARENTE, M. E.; MANZONI, A. V.; ARES, G. External preference mapping of commercial anti aging creams based on consumers' responses to a check-all that-apply question. **Journal of Sensory Studies**, 26, 158–166, 2011
- PEREIRA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. M. A.; FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 59, p. 441–447, 2009.
- PEREIRA, S. L.; LEONARD, A. E.; HUANG, Y. S.; CHUANG, L.T.; MUKERJI, P. Identification of two novel microalgal enzymes involved in the conversion of the omega 3-fatty acid, eicosapentaenoic acid, to docosahexaenoic acid. **The Biochemical Journal**, n. 384,
- PETINARI, R. A.; TARSITANO, M. A. A. Comercialização de caju (*Anacardium occidentale* L.) *in natura* na região noroeste de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 697–699, 2002.
- PIER, 2010. Pacific Island Ecosystem at risk. Disponível: <<http://www.hear.org>>. Acesso em: abr. 2011.
- PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2005
- PINEDO, P. M. H.; RAMÍREZ, N. F.; BLASCO, L. M. Notas preliminares sobre el araza (*Eugenia stipitata*), frutal nativo de la Amazonia peruana. Lima, MAA-INIA/IICA. 58p. (Publ. Misc., 229), 1981.

- PINTO, A. C. **Qualidade de frutos de seis variedades de manga (*Mangífera indica* L), brasileiras cultivadas na região dos cerrados**. Planaltina, CPAC, 11p. 1981.
- PLAEHN, D. CATA penalty/reward. **Food Quality and Preference**, v. 24, p.141–152, 2012.
- PRADO, G. M. **Elaboração e estabilidade de bebidas formuladas a base de polpa de caju (*Anacardium occidentale*, L.) e mel de abelha (*Apis mellifera*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- QUEIROZ, C.; SILVA, A. J. R.; LOPES, M. L. M.; FIALHO, E.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Polyphenol oxidase activity, phenolic acid composition and browning in cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) after processing. **Food Chemistry**, v. 125, p. 128–132, 2011.
- RAO, S.; ABDEL-REHEEM, M.; BHELLA, R.; MCCRACKEN, C.; HILDEBRAND, D. Characteristics og high alpha-linolenico acid accumulation in seed oils. **Lipids**, v. 43, p. 749-755, 2008.
- REIS, R. C. *et al.* Impacto da utilização de diferentes edulcorantes na aceitabilidade de iogurte “light” sabor morango. **Aliment. Nutr.**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 53-60, 2009.
- REIS, R. C.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R. Mapa de Preferência. In: MINIM, V. P. R (Org.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2 ed. rev. e ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. Cap. 5.
- RETONDO, C. G. **Química das sensações: desenvolvimento de um material didático interdisciplinar para o ensino superior**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2004. 282 p.
- ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, Suppl. 2, p. 105-10, 2002.
- RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos Funcionales y Nutrición óptima. **Revista da Espanha de Salud Pública**. v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.
- ROGEZ, H.; BUXANT, R.; MIGNOLET, E.; SOUZA, J. N. S.; SILVA, E. M.; LARONDELLE, Y. Chemical composition of the pulp of three typical amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **European Food Research Technology**, v. 218, p. 380-384, 2004.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MACINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.
- SACRAMENTO, C. K.; BARRETTO, W. S.; FARIA, J. C. **Araçá boi: uma alternativa para agroindústria**. **Bahia Agríc.**, v.8, n. 2, 2008
- SALOMÓN, E. A. G.; KATO, MARTIN, Z. J.; SILVA, S. D.; MORI, E. E. M. Estudo das composições (blending) do néctar de mamão-maracujá. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 51, p. 165-179, 1977.

- SANTOS, R. P.; SANTIAGO, A. A. X.; GADELHA, C. A. A.; CAJAZEIRAS, J. B.; CAVADA, B. S.; MARTINS, J. L.; OLIVEIRA, T. M.; BEZERRA, G. A.; SANTOS, R. P.; FREIRE, V. N. Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ashes. **Journal of Food Engineering**, n. 79, p. 1432–1437, 2007.
- SILVA, F. V. G.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. Avaliação da estabilidade de bebida mista elaborada com água de coco e suco de maracujá. **Acta Scientiarum. Technology (Online)**, v. 28, p. 191-197, 2006
- SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, J. S. S. Desenvolvimento de néctares mistos a base de manga e cajá enriquecidos com frutooligossacarídeos ou inulina. **Alimentos e Nutrição (UNESP. Marília)**, v. 22, p. 149-154, 2011
- SILVA, R. A.; DIHL, R. R.; SANTOS, D. N.; ABREU, B. R. R.; LIMA, A. L.; ANDRADE, H. H. R.; LEHMANN, M. Evaluation of antioxidant and mutagenic activities of honey-sweetened cashew apple nectar. **Food and Chemical Toxicology**, v. 62, p. 61–67, 2013.
- SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996. 230 p.
- SOARES, E. C. Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, 2009.
- SOUSA, P. H. M. **Desenvolvimento de néctares mistos de frutas tropicais adicionados de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng***. 2006. 134f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; AZEREDO, H. M. C.; SOUZA FILHO, M. S. M.; GARRUTI, D. S.; FREITAS, C. A. S. Mixed tropical fruit nectars with added energy components. **Int. J. Food Sci. Techn.**, v. 42, n. 11, 1290-1296, 2007.
- SOUSA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.
- STAHL, W.; SIES, H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. **Biochim. Biophys. Acta, Mol. Basis Dis.** v. 1740, p. 101-107, 2005.
- TAKACHI, R.; MANAMI, I.; JUNKO, I.; NORIE, K.; MOTOKI, I.; SHIZUKA, S.; HIROYASU, I.; YOSHITAKA, T.; SHOICHIRO, T. Fruit and vegetable intake and risk of total cancer and cardiovascular disease Japan public health center-based prospective study. **American Journal of Epidemiology**, v. 167, n. 1, p. 59-70, 2007.
- TRAUTWEIN, E. A. n-3 Fatty acids-physiological and technical aspects for their use in food. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 103, p. 45–51, 2001.
- TUR, J. A.; BIBILONI, M. M.; PONS, A. S. Dietary sources of omega 3 fatty acids: public health risks and benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 107, p.S23–S52, 2012.

UK Department of Health (1994) Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report of the cardiovascular review group, Committee on medical aspects of food policy. HMSO, London.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816–823, 2008.

VEER, P.; JANSEN, M. C. J. F.; KLERK, M.; KOK, F. J. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. **Public Health Nutrition**, v. 3, n. 1, p.103–107, 2000.

VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; REIS, R. C.; FONSECA, M. D.; SACRAMENTO, C. K. Caracterização Físico-química e Sensorial de Geléia de Mamão com Araçá-boi. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H.; DIAZ, C.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima, Peru, Tratado de Cooperacion Amazonica - Secretaria Pro-tempore. 367p. 1996.

WHELAN, J; Rust, C. Innovative dietary sources of n-3 fatty acids. **Annual Review of Nutrition**, v. 26, p. 75–103, 2006.

YEHUDA, S.; RABINOVITZ, S.; CARASSO, R. L.; MOSTOFSKY, D. I. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiology of Aging**. v. 23, n. 5, p.843-853, 2002

YEHUDA, S.; RABINOVITZ, S.; MOSTOFSKY, D.I. Essential fatty acids are mediators of brain biochemistry and cognitive functions. **Journal of Neuroscience Research**, v. 56, p. 565–566, 1999.

ZEPKA, L. Q. *et al.* Thermal degradation kinetics of carotenoids in a cashew apple juice model and its impact on the system color. **J. Agric. Food Chem.**, London, v. 57, n. 17, p. 7841-7845, ago. 2009.

CAPÍTULO I

OTIMIZAÇÃO E SELEÇÃO DAS BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI

1 INTRODUÇÃO

O mercado global de bebidas à base de frutas cresceu substancialmente nos últimos anos (KRAAK *et al.*, 2011), principalmente as tropicais. O motivo desta preferência é a opção do consumidor por alimentos saudáveis e funcionais em função do culto à saúde e à boa forma (BERTO, 2003). Tem havido um esforço combinado entre os cientistas e a indústria para explorar e utilizar diferentes fontes de alimentos e as combinações de elementos diferentes para desenvolver novos produtos (KRAAK *et al.*, 2011).

Neste sentido, o desenvolvimento de bebidas mistas apresenta uma série de vantagens, pois além de proporcionarem novos sabores e aromas, elas melhoram a qualidade nutricional e as características sensoriais através da diluição da acidez de algumas frutas e da compensação de sabores excessivamente fortes, como a adstringência dos taninos (SOUSA *et al.*, 2010; JAIN; KHURDIYA, 2004). Além disso, a obtenção de novos produtos seria uma forma de estimular o desenvolvimento de agroindústrias já existentes, que poderiam melhorar o aproveitamento da infra-estrutura disponível (PRATI; MORETTI; CARDELLO, 2005).

A aceitação de um produto pelo consumidor é o principal objetivo da indústria de alimentos (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001). Atingir o sucesso no lançamento de novos produtos é essencial para todas as empresas cujo mercado consumidor é dinâmico e ávido por novidades, exigindo que as prateleiras dos supermercados sejam continuamente renovadas (NORONHA, 2003).

O desenvolvimento de novos produtos, além de considerações técnicas, legais e mercadológicas, requer também processos de otimização que possam buscar melhores condições de processamento e formulação, com alta qualidade e baixo custo (CASTRO *et al.*, 2003). A técnica estatística de Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) tem como objetivo encontrar as condições ótimas para que, dependendo da circunstância, se atinja o maior ou menor valor de uma dada resposta. Deste modo, essa técnica, além de permitir a pesquisa de vários parâmetros simultaneamente, determina o efeito das interações entre os fatores analisados, o que o método clássico univariado não possibilita (GIOVANNI, 1983).

Considerando-se a crescente procura por bebidas de sabor diferenciado e a tendência em aproveitar frutas tropicais, o objetivo deste trabalho foi avaliar sensorialmente

onze formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi e escolher a formulação mais bem aceita pelos provadores, utilizando a metodologia de superfície de resposta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Utilizou-se como matérias-primas polpas de caju fornecidas por uma empresa produtora de Pacajus-CE e polpas congeladas de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp.). Os araçás-bois foram coletados na Fazenda Ouro Verdes, localizada na Vila Brasil no distrito de Una na região sul da Bahia.

Os araçás-bois foram transportados via aérea, em seguida levados ao Laboratório de Processos Agroindustriais da EMBRAPA Agroindústria Tropical, onde foram despulpados com auxílio de despulpadeira Bonina 0.25df com furos de 1mm de diâmetro e armazenados em câmara de congelamento a -18°C até o momento da utilização.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (COMEPE), dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde) aprovou o projeto referente a esse trabalho com o protocolo COMEPE nº52/12, de 30 de março de 2012 (APÊNDICE A).

2.2. Metodologia

2.2.1. Definição da composição das bebidas mistas de caju e araçá-boi

Para definir a composição da bebida mista de caju e araçá-boi, foram elaboradas onze formulações (nove formulações e duas repetições do ponto central) com diferentes proporções de araçá-boi e caju através da superfície de resposta, utilizando um planejamento do tipo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), com quatro ensaios nos níveis +1 e - 1, 4 ensaios nos níveis dos pontos axiais (-1,414 e +1,414) e mais uma triplicata no ponto central (0), totalizando 11 ensaios, realizados em sequência aleatória (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUMS, 1995), conforme apresentados na Tabela 5. As proporções das polpas das frutas variaram de 1:3 a 3:1 (araçá-boi e caju), com porcentagem de polpa na mistura de 10 a 30% (Tabela 6), com teor de sólidos solúveis padronizados em 11 °Brix, com

adição de sacarose, sendo este valor o mínimo estabelecido pela legislação brasileira para sucos prontos para beber (FAO/ WHO, 2004).

Tabela 5 - Composição das onze formulações determinadas no delineamento experimental.

Formulações	Proporção de polpa (%)	Teor de polpa (%)	Teor de Polpa	
			Caju	Araçá-boi
F1	0,72	12,91	7,5	5,41
F2	2,61	12,91	3,57	9,33
F3	0,72	27,09	15,74	11,35
F4	2,61	27,09	7,5	19,60
F5	0,33	20,00	15	5
F6	3,00	20,00	5	15
F7	1,67	10,00	3,75	6,25
F8	1,67	30,00	11,25	18,75
F9 (C)	1,67	20,00	7,5	12,5
F10 (C)	1,67	20,00	7,5	12,5
F11 (C)	1,67	20,00	7,5	12,5

As formulações 9, 10 e 11 são os pontos centrais, apresentando a mesma proporção de polpa das duas frutas.

Tabela 6 - Proporções máximas e mínimas dos componentes das formulações

Variável (%)	Menor	Maior
X ₁ – Proporção de Polpa (araçá-boi e caju)	1:3	3:1
X ₂ – Teor de polpa	10	30

2.2.2 Análise sensorial das onze formulações para escolha da bebida mista de caju e araçá-boi final

As bebidas mistas resultantes dos nove tratamentos distintos mais duas repetições do ponto central foram submetidos à avaliação sensorial, com o objetivo de determinar a aceitação de cada formulação por consumidores potenciais.

Foi solicitado aos participantes assinar um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B).

Foram realizados testes sensoriais com as onze amostras elaboradas (nove formulações e duas repetições), utilizando 48 provadores não treinados (STONE; SIDEL, 1993) em teste laboratorial, através do delineamento de blocos completos balanceados (MACFIE *et al.*, 1989) com codificação aleatória de três dígitos. Os testes foram conduzidos em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes, e as amostras foram apresentadas monadicamente em três sessões, onde todos os provadores avaliaram as onze formulações. Os provadores receberam 30 mL de cada amostra à temperatura entre 16 e 18 °C,

em taças de vidro. Os provadores avaliaram a aparência, aceitação global e sabor das amostras utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, na qual os extremos representavam “gostei muitíssimo” (9) e “desgostei muitíssimo” (1) e o centro “nem gostei, nem desgostei” (5) (PERYAM; PILGRIM, 1957).

2.3 Análise estatística para escolha da formulação ideal

As porcentagens dos valores hedônicos de 1 a 4 foram somadas e denominadas de “% de rejeição”, enquanto que as porcentagens dos valores hedônicos de 6 a 9 foram denominadas de “% de aceitação”; o valor 5 foi considerado como região de indiferença (“nem gostei, nem desgostei”).

Depois de obtidas as respostas para todos os ensaios, utilizou-se o programa *Statistica*, versão 5.0 para análise do modelo e da sua falta de ajuste, bem como os efeitos principais e das interações entre os tratamentos, fornecendo um gráfico de superfície de resposta e descrição matemática do modelo da aceitação sensorial em função do teor de polpa e proporção entre as polpas para determinação da região de maior aceitação sensorial. Também se avaliou a falta de ajuste do modelo, o coeficiente de determinação e os coeficientes da equação, ao nível de 5% de confiança.

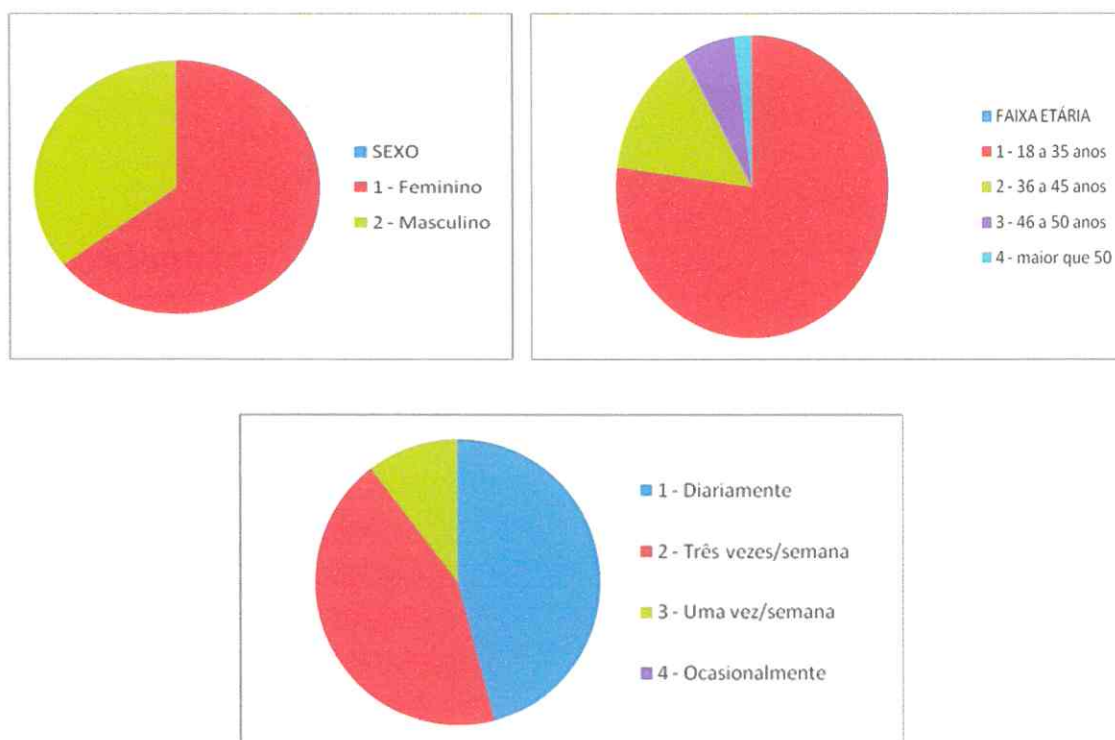
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil dos Consumidores

Na avaliação sensorial das bebidas mistas de caju e araçá-boi participaram 48 provadores não treinados, sendo 64,58% mulheres e 35,42% homens, 77,08% com idade entre 18 a 35 anos, 14,58% entre 36 a 45 anos, 6,25% entre 46 a 50 anos e apenas 2,08% com idade acima de 50 anos (Figura 8).

A frequência do consumo de suco de frutas foi alta, onde quase 90% dos provadores indicaram consumir diariamente ou três vezes por semana, reflexo, provavelmente, da busca atual por uma alimentação mais saudável (Figura 8).

Figura 8 – Histograma de sexo, faixa etária e frequência de consumo dos provadores.



3.2 Teste de Aceitação das bebidas Mistas de Caju e Araçá-boi

Na Tabela 7 podem ser observados os teores de caju e araçá-boi, a distribuição das notas de acordo com a aceitação, rejeição ou indiferença dos provadores, juntamente com os valores hedônicos médios de cada formulação.

Para os atributos de aparência e aceitação global as amostras apresentaram comportamento semelhante, estando as bebidas mistas com as mesmas porcentagens de notas nas zonas rejeição, indiferença e de aceitação (Tabela 7 e Figura 9).

Observando-se as médias do atributo sabor para as diferentes formulações de bebidas mistas (Tabela 7) é possível afirmar que todas as formulações constituem-se boas alternativas de mercado, uma vez que apresentaram médias de aceitação entre 6 “gostei ligeiramente” e 7 “gostei moderadamente”.

Tabela 7 - Resultados da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação das bebidas formuladas com caju e araçá-boi e as médias de aparência, aceitação global (AG) e sabor das onze formulações elaboradas para avaliação sensorial com 11 °Brix

Formulação	Teores de Polpas			Aceitação Global		Média
	% Caju	% Araçá	% de rejeição	% de indiferença	% de aceitação	
F1	7,5	5,40	18,75	2,08	79,17	6,7
F2	3,57	9,33	0,00	2,08	97,92	7,5
F3	15,74	11,35	6,25	2,08	91,67	7,1
F4	15	5	20,83	2,08	77,08	6,3
F5	5	15	6,25	0,00	93,75	7,2
F6	3,75	6,25	18,75	4,17	77,08	6,3
F7	11,25	18,75	10,42	0,00	89,58	6,8
F8	7,5	12,5	22,92	2,08	75,00	6,1
F9	7,5	12,5	45,83	2,08	52,08	5,1
F10	7,5	12,5	35,42	0,00	64,58	5,8
F11	7,5	12,5	6,25	0,00	93,75	7,1

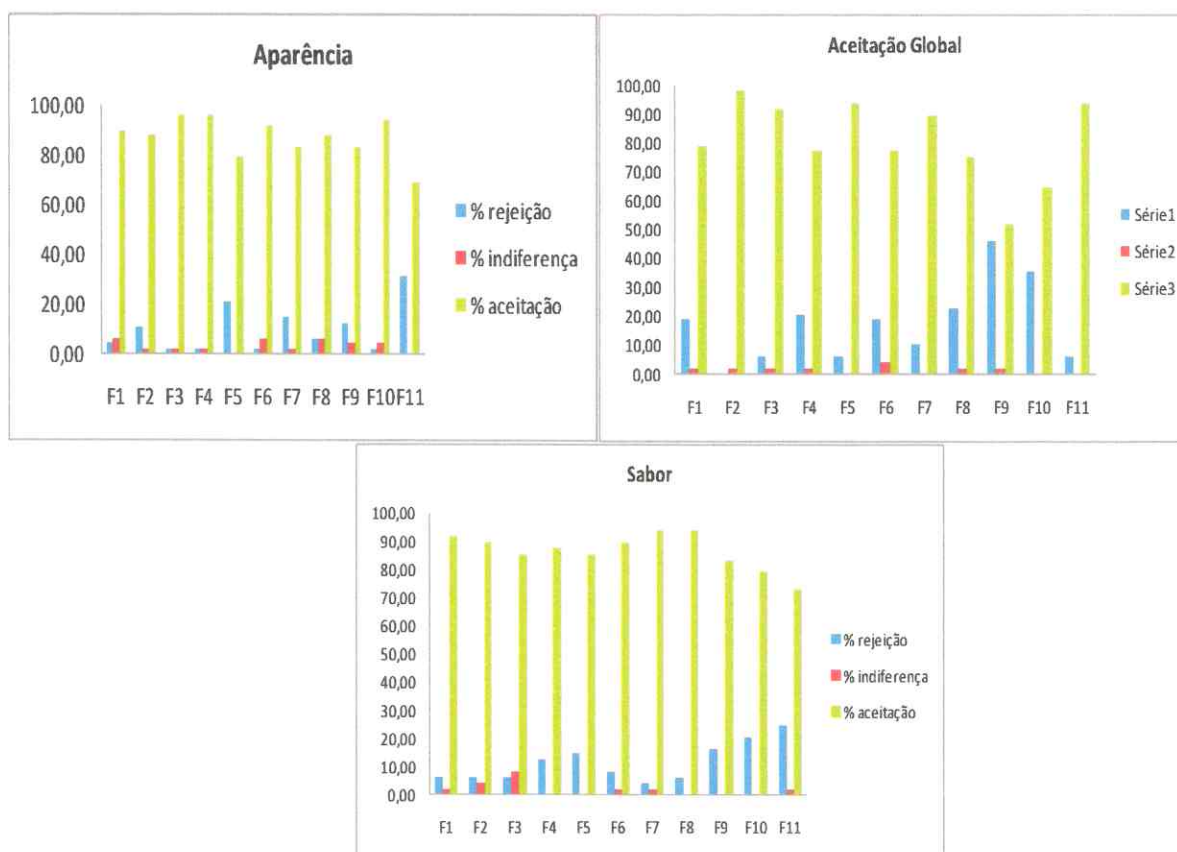
Formulação	Aparência			Aceitação		Média
	% Caju	% Araçá	% de rejeição	% de indiferença	% de aceitação	
F1	7,5	5,40	4,17	6,25	89,58	6,8
F2	3,57	9,33	10,42	2,08	87,50	6,8
F3	15,74	11,35	14,58	2,08	83,33	7,3
F4	15	5	2,08	2,08	95,83	7,1
F5	5	15	20,83	0,00	79,17	6,2
F6	3,75	6,25	2,08	6,25	91,67	6,8
F7	11,25	18,75	14,58	2,08	83,33	6,2
F8	7,5	12,5	6,25	6,25	87,50	6,4
F9	7,5	12,5	12,50	4,17	83,33	6,4
F10	7,5	12,5	2,08	4,17	93,75	6,8
F11	7,5	12,5	31,25	0,00	68,75	5,7

Formulação	Sabor			Aceitação		Média
	% Caju	% Araçá	% de rejeição	% de indiferença	% de aceitação	
F1	7,5	5,40	6,25	2,08	91,67	7,3
F2	3,57	9,33	6,25	4,17	89,58	7,1
F3	15,74	11,35	6,25	8,33	85,42	6,9
F4	15	5	12,50	0,00	87,50	6,8
F5	5	15	16,67	0,00	83,33	6,4
F6	3,75	6,25	8,33	2,08	89,42	6,9
F7	11,25	18,75	4,17	2,08	93,75	7,0
F8	7,5	12,5	8,33	0,00	91,67	6,9
F9	7,5	12,5	16,67	0,00	83,33	6,3
F10	7,5	12,5	20,83	0,00	79,17	6,4
F11	7,5	12,5	25,00	2,08	72,92	6,1

*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Figura 9, podemos observar os histogramas da frequência de notas de acordo com a aceitação, rejeição ou indiferença dos provadores para os atributos de aparência, aceitação global e sabor das bebidas mistas formuladas com caju e araçá-boi.

Figura 9- Histogramas de frequência da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação da avaliação sensorial dos atributos de aparência, aceitação global e sabor das bebidas mistas de caju e araçá-boi.



As formulações 9, 10 e 11 são os pontos centrais, apresentando a mesma proporção de polpa das duas frutas. Observa-se que estas formulações apresentaram notas médias situando entre os termos hedônicos 5 – “nem gostei, nem desgostei” e 6 – “gostei ligeiramente”, fato que pode ser associado ao teor de polpa de araçá-boi, com exceção da formulação 11 para o atributo aceitação global que apresentou nota 7,1 (gostei moderadamente).

As formulações F1 e F2 que apresentam as menores porcentagens de caju e araçá-boi foram as que obtiveram as melhores notas na avaliação para o atributo sabor, estando situado entre os termos “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

A formulação F5, com porcentagens de 15 e 5% de caju e araçá-boi, respectivamente, apresentou a nota associado ao termo hedônico “gostei ligeiramente”, essa nota pode estar associado à adstringência do caju.

Estes resultados foram submetidos a uma otimização através da Metodologia de Superfície de Resposta, para obtermos a formulação ideal a ser utilizada como base para as formulações posteriores.

3.2.1 Aceitação Global

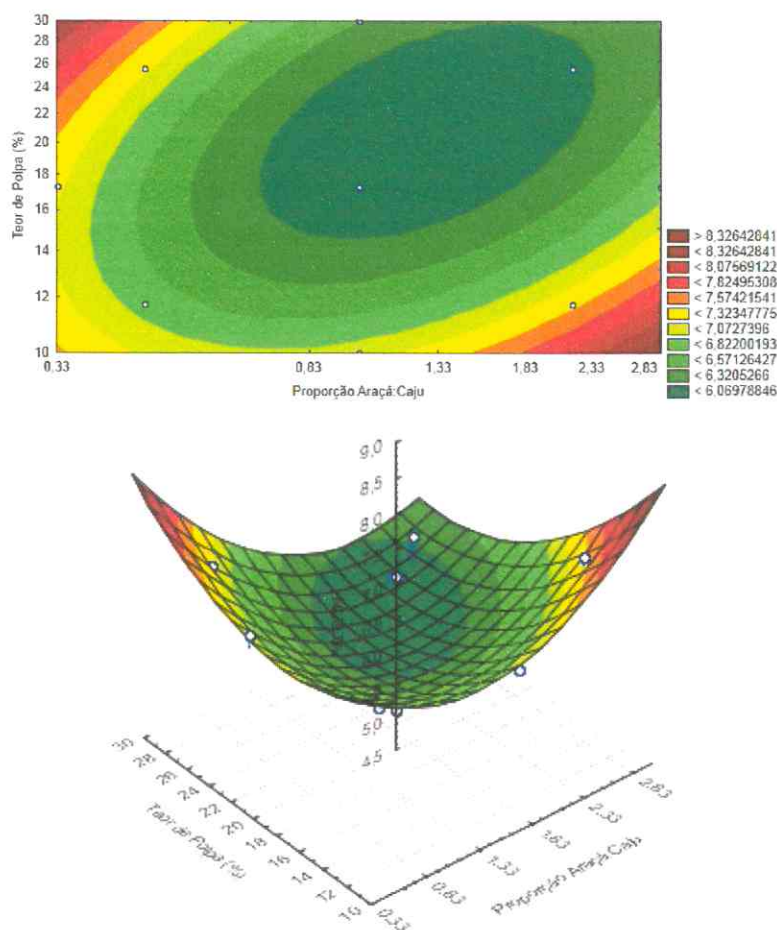
O modelo construído com os dados sensoriais, através das análises de regressão multivariada, permitiu gerar os gráficos de superfície de resposta para o atributo aceitação global, apresentados nas Figuras 10a e 10b. Na figura 10a, observa-se a mínima e máxima proporção de polpa e os teores de polpas utilizados.

Analisando a Figura 10a, as regiões em tons de vermelho e amarelo (canto superior esquerdo e canto inferior direito do gráfico) indicam os pontos de maior aceitação das bebidas mistas avaliadas, com notas que variaram entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” a “gostei muitíssimo” (7,32 a 8,32). Apesar de duas regiões terem sido observadas como de maior aceitação, o canto inferior direito era a região com menores teores de polpa, inferiores a 14%, e elevadas proporções de polpa de araçá-boi. Devido à grande acidez do araçá-boi, só é possível um produto bem aceito sensorialmente com pequenos teores desta polpa na mistura, fato esse já verificado em outros trabalhos (SOUZA *et al.*, 2010; VIANA *et al.*, 2012; REBELLO *et al.*, 2011). Dessa forma, a região à esquerda superior do gráfico apresentou as formulações com maiores teores de polpa, superior a 20%, e menores teores de polpa de araçá-boi em relação à polpa de caju, conferindo uma acidez mais suave ao suco, o que elevou a aceitação sensorial nessa região. Dessa forma, foi selecionada a formulação constituída com 28% de polpa, na proporção 9,3% de araçá-boi e 18,6% de caju (1:2 araçá-boi:caju) (Figura 10). A menor proporção de polpa de araçá-boi contribui para um aumento da aceitação global, como pode ser observado nos valores médios na Tabela 5.

Esse fato também foi observado por Souza *et al.* (2010), ao estudarem a aceitação de seis formulações de néctares mistos de caju e araçá-boi com diferentes proporções de polpas (75% de polpa de caju e 25% de polpa de araçá-boi; 50 % de polpa de caju e 50% de polpa de araçá-boi, 25% de polpa de caju e 75% de polpa de araçá-boi) e teores de sólidos solúveis (13° e 15° Brix), no qual afirmam que néctares mistos de caju e araçá-boi com maiores teores de polpa de caju foram os mais bem aceitos. Verificaram ainda, nesse estudo,

valores médios maiores para as formulações com 15° Brix, pelo aumento da relação °Brix/acidez, devido à grande acidez do araçá-boi (2,38 g.100⁻¹ de ácido cítrico).

Figura 10 – Análise de superfície de resposta para escolha da formulação mais bem aceita pelos provadores dentre as 11 formulações avaliadas com 11°Brix, através do atributo aceitação global.



Equação 1 - $z = 9,33 - 0,85*x + 0,57*x^2 - 0,23*y + 0,007*y^2 - 0,06*x*y$, onde x= teor de polpa e y = proporção polpa de araçá-boi:caju

Viana *et al.* (2012) caracterizando sensorialmente a geleia de mamão e araçá-boi, afirmam a adição de araçá-boi contribui positivamente na aceitação da geleia para os atributos aparência, cor, aroma e textura, e negativamente para o sabor. Esses autores atribuem esse fato à elevada acidez do araçá-boi nas formulações com maiores proporções dessa polpa (40% mamão:60% araçá-boi e 30% mamão:70% araçá-boi), tornando a geleia com gosto mais ácido, desagradando os consumidores.

Em trabalho realizado por Rebello *et al.* (2011) com polpa de araçá-boi e manga ubá observaram que as diferentes proporções de polpas de frutas utilizadas no estudo influenciaram alguns dos parâmetros avaliados, inclusive a maior aceitação do produto,

concluindo que a formulação, que continha 50% de polpa de araçá-boi e 50% de polpa de manga ubá foi a que obteve maior aceitação entre os provadores, apresentando escores entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Na equação 1, verifica-se que a proporção de polpa araçá-boi:caju contribui negativamente para a aceitação sensorial, enquanto o teor de polpa contribui positivamente, aumentando a aceitação com o aumento do teor de polpa.

4 CONCLUSÕES

A elaboração de bebida mista de araçá-boi e caju pode ser considerada uma alternativa viável para o aproveitamento tanto do araçá boi quanto do caju, agregando valores as essas frutas, devido à elevada acidez do araçá-boi e adstringência do caju.

A otimização dos parâmetros das bebidas mistas de caju e araçá-boi, utilizando a técnica de Metodologia de Superfície de Resposta, mostrou que a formulação contendo 18,6% de caju e 9,3% de araçá boi foi a mais apreciada, considerando as respostas dos provadores e a diminuição dos custos pelo mínimo de necessário de polpas.

REFERÊNCIAS

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUMS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995, 299p.
- BERTO, D. Bebidas não alcoólicas – Apelo “saudável” impulsiona consumo. **Food Ingredients**, n. 24, p. 32-34, 2003
- CASTRO, I. A.; SILVA, R. S. F.; TIRAPÉGUI, J.; BORSATO, D.; BONA, E. Simultaneous optimization of response variables in protein mixtures formulation: constrained simplex method approach, **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.38, p.103-110, 2003.
- FAO/ WHO. **Report of the fourth session of the ad hoc codex intergovernmental task force on fruit and vegetable juices**, ALINORM 05/28/39. Fortaleza (CE), Brazil, 46 p, 2004.
- GIOVANNI, M. Response surface methodology and product optimization. **Food Technology**, v. 37, p. 41-45, 1983
- JAIN, S. K.; KHURDIYA, D. S. Vitamin C enrichment of fruit juice based ready-serve beverages through blending of Indian gooseberry (*Emblica officinalis* Gaertn.) juice. **Plant Foods for Human Nutrition**. v. 59, p. 63-66, 2004.
- KRAAK, V. I.; STORY, M.; WARTELLA, E. A.; GINTER, J. Industry progress to market a healthful diet to American children and adolescents. **American Journal of Preventive Medicine**. v. 41, p. 322– 333, 2011.
- MacFIE, H. J. *et al.* Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.
- MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, v. 34, p. 461- 471, 2001.
- NORONHA, R. L. F. A. **A expectativa do consumidor e sua influência na aceitação e percepção sensorial de café solúvel**. 130 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- PERYAM, D. R.; PILGRIM, P. J. Hedonic scale method for measuring food preferences. **Food Technology**, Chicago, v. 11, n. 9, p. 9-14, 1957.
- PRATI, P.; MORETTI, R.H.; CARDELLO, H.M.A.B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 147-152, 2005.
- REBELLO, L. P. G.; RAMOS, A. M.; VIEIRA, C. F. S.; OLIVEIRA, A. N.; SACRAMENTO, C. K. Aceitabilidade sensorial do néctar misto de araçá-boi com manga ubá. **Higiene Alimentar**, v. 25, p. 1357-1359, 2011.

SOUSA, P. H. M.; RAMOS, A. M.; MAIA, G. A.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S.; FONSECA, A. V. V. Adição de extratos de Ginkgo biloba e Panax ginseng em néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 463-470, 2010.

SOUZA, A. N.; SOUZA, A. S. N.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SACRAMENTO, C. K.; LIMA, J. S. S. **Avaliação sensorial de néctares mistos com diferentes proporções de araçá-boi e caju**. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2010.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, Academic Press, San Diego, CA, 1993. 308p.

VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; REIS, R. C.; FONSECA, M. D.; SACRAMENTO, C. K. Caracterização Físico-química e Sensorial de Geleia de Mamão com Araçá-boi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012.

CAPÍTULO II

DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI ADICIONADAS DE ÔMEGA-3.

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos não se destinam apenas a satisfazer a fome e fornecer nutrientes necessários para os seres humanos, mas também para prevenir doenças relacionadas com a nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental (NÖTHLINGS *et al.*, 2007; TAKACHI *et al.*, 2007).

O caju é considerado uma importante fonte nutricional devido aos compostos químicos presentes, apresentando diversas propriedades funcionais, como atuação na prevenção do câncer (KUBO; OCHI; VIEIRA, 1993), na ação da *Helicobacter pilory* causadora da gastrite aguda (KUBO; LEE; KUBO, 1999), além de propriedades antimicrobianas (KOZUBEK *et al.*, 2001; PINHEIRO, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010). Também possuem excelentes propriedades antioxidantes e antimutagênicas (KAMATH; RAJINI, 2007; BARRETO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2013.)

Araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. Mc Vaugh - *Myrtaceae*), rica em terpenos voláteis, fibras, atividade antioxidante e alto teor de fenólicos diferentes, tem atraído muita atenção devido a seus potenciais benefícios para a saúde dos seres humanos (NERI-NUMA *et al.*, 2013).

O desenvolvimento do agronegócio tem sido fortemente influenciado pelas necessidades dos consumidores. Comparado com frutas frescas, o consumo destes produtos processados tem aumentado em todo o mundo (HAWKES *et al.*, 2010). Este crescimento tem promovido o interesse da indústria de bebidas na produção de novos produtos, bebidas saudáveis e funcionais capazes de prevenir doenças degenerativas (BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, 2011; CONTRERAS-CALDERÓN *et al.*, 2011). Além da limitação de tempo e pela praticidade oferecida no consumo de produtos agroindustrializados (MATSUURA; ROLIM, 2002).

Visando também ao atendimento dos anseios da população em relação ao valor nutricional desses alimentos (MATSUURA *et al.*, 2004), por exemplo, são utilizados *blends* de sucos ou néctares de frutos, em que características de duas ou mais espécies são

combinadas na elaboração de produtos enriquecidos nutricionalmente (BONOMO *et al.*, 2006).

Além da mistura de frutas em bebidas, tem sido também bastante estudada a adição de componentes com alegações de propriedades funcionais, visando à elaboração de bebidas de frutas enriquecidas (SOUSA, 2006). Dentre eles, o ômega-3 tem sido bastante estudado. Resultados de saúde positivos associados ao consumo do ácido graxo poliinsaturado ômega-3 foram demonstradas nas áreas do desenvolvimento da criança, nas doenças cardiovasculares, na agregação plaquetária, na hipertensão, no hiperlipidemia, no câncer, na demência e doença de Alzheimer, na depressão, e na inflamação (McMANUS; HOWIESON; NICHOLSON, 2009; RIEDIGER, 2009; RUXTON; DERBYSHIRE, 2009). O aumento dos níveis teciduais de ômega-3 ao nível da população pode reduzir a incidência das doenças crônicas responsáveis pela maior parte da doença mundial (HIBBELN *et al.*, 2006).

A introdução de componentes lipídicos, como o ômega-3, muitas vezes torna-se difícil em alguns produtos, pela difícil dispersão homogênea no meio, podendo ser utilizadas etapas adicionais ao processamento, como a encapsulação. Em geral, são de difícil dispersão em produtos alimentares, além disso, e especialmente os ácidos graxos poliinsaturados são susceptíveis à auto-oxidação, o que resulta em *off flavours* e compostos tóxicos (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Matsuno e Adachi (1993) enumeraram cinco vantagens do uso de lipídio como material de encapsulamento: retardar a auto-oxidação; melhorar a estabilidade; controlar a liberação de sabor de substâncias lipossolúveis; mascarar o gosto amargo de substâncias lipossolúveis, e proteger as substâncias dissolvidas contra a hidrólise enzimática. Lipídios, especialmente aqueles que contêm alto teor de ácidos graxos insaturados, têm sido encapsulados visando diminuir a susceptibilidade à oxidação (FAVARO TRINDADE *et al.*, 2008).

A encapsulação é baseada no efeito de incorporação de uma matriz polimérica, o que cria um microambiente na cápsula capaz de controlar as interações entre a parte interna e a externa (BORGOGNA *et al.*, 2010). Atualmente, os interesses essenciais são atribuídos ao encapsulamento de *flavors*, lipídeos e carotenóides, entre outros ingredientes (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

O processo de encapsulação vem sendo estudado como uma alternativa para preservação das propriedades físico-químicas dos bioativos (JAFARI, 2008), no qual envolve incorporação, absorção ou dispersão de combinações de bioativos sólidos, líquidos ou gasosos em vesículas pequenas, com diâmetro na escala nanométrica. As combinações de bioativos

incorporados podem ser protegidas contra degradação e melhorar a estabilidade e a solubilidade (ASSIS *et al.*, 2012; KLAYPRADIT e HUANG, 2008).

As nanocápsulas são constituídas por um invólucro polimérico disposto ao redor de um núcleo, podendo o componente ativo de interesse estar dissolvido nesse núcleo e/ou adsorvido à parede polimérica. A retenção desses núcleos é regida por sua funcionalidade química, solubilidade, polaridade e volatilidade. O material de parede consiste na barreira externa e geralmente é feito de compostos que formam uma rede com a estrutura (ASSIS *et al.*, 2012).

As gomas são polissacarídeos solúveis em água que formam soluções viscosas a baixas concentrações. A palavra goma teve origem no Egito, onde o exsudato de árvores (goma arábica) era designado de Kami, o qual era utilizado para estabilizar pigmentos (WHISTLER, 1993). As gomas são empregadas nas indústrias de alimentos e farmacêutica como espessantes e estabilizantes, entre outras aplicações (CUNHA; PAULA; FEITOSA, 2009).

O uso de gomas naturais, provenientes dos exsudatos e extratos de plantas, vêm tomando grande impulso por suas múltiplas e lucrativas possibilidades de industrialização (SARUBBO *et al.*, 2007).

Por ser um polissacarídeo de exsudado de árvores brasileiras, em especial nativas do Nordeste, a goma de cajueiro vem sendo estudada, apresentando uma grande possibilidade de produção comercial (AGUIAR, 2013).

Os polissacarídeos de um modo geral podem ser apropriados para a obtenção de nanopartículas, principalmente em função de suas propriedades físico-químicas, baixo custo, disponibilidade e características biodegradáveis. Uma das principais vantagens da utilização de polissacarídeos como componentes para a síntese de nanopartículas é o seu reconhecimento molecular natural, uma vez que eles têm receptores específicos em certas células (LIU; JIAO; WANG, 2008).

Este trabalho teve como objetivos elaborar bebidas à base de polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) e araçá-boi (*Eugenia Stipitata*) adicionadas de ômega-3, e acompanhar a estabilidade das três formulações elaboradas, durante 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente, através de análises químicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Para a realização do experimento foram utilizados como matérias-primas polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.), polpas congeladas de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp.), ácido graxo poliinsaturado ômega-3 e goma de cajueiro.

As polpas de caju (*Anacardium occidentale* L.) foram fornecidas por uma empresa localizada próxima a cidade de Fortaleza, os frutos do araçá-boi foram coletados na Fazenda Ouro Verde, localizada na Vila Brasil no distrito de Una na região sul da Bahia e ácido graxo poliinsaturado foi obtido do óleo vegetal de algas (*Schizochytrium* sp.) da marca Martek DHA-S fornecida por uma indústria localizada em Pacajus-CE. A goma do cajueiro foi obtida pela purificação do exsudato do cajueiro, coletado em cajueiros de uma empresa parceira localizada em Pacajus, Ceará.

Os trabalhos foram desenvolvidos nos laboratórios de Frutos e Hortaliças e Microbiologia de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará e nos laboratórios de Processos Agroindustriais, Análise Sensorial e Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical.

2.2 Metodologia

2.2.1 Processamento das bebidas mistas de caju e araçá-boi

As bebidas foram elaboradas a partir de formulação otimizada de bebida mista de caju e araçá-boi, contendo de 10 a 30% de polpa e proporção de 1:3 (araçá-boi:caju) e sólidos solúveis totais padronizados em 11 °Brix. Sendo a formulação contendo 9,3% de araçá-boi e 18,6% de caju, a mais bem aceita e utilizada nas três formulações (Capítulo 1).

Partindo da formulação aceita, foram processadas três diferentes bebidas, sendo F1 (bebida mista de caju e araçá-boi); F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulada com goma de cajueiro). A quantidade de ômega-3 seguiu a indicação pela ANVISA para alimentos com alegações de propriedades funcionais, a qual recomenda 0,1g de EPA (Ácido Eicosapentaenóico) ou DHA (Ácido Docosahexaenóico) na porção ou em 100g ou 100 mL do produto pronto para consumo (ANVISA, 2013).

Cada formulação (F1, F2 e F3) foi elaborada em três repetições, de acordo com o fluxograma de processamento apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma de preparação das bebidas formuladas com caju e araçá-boi e ômega-3.



Na etapa de formulação, as bebidas mistas foram ajustadas de acordo com o teor de sólidos solúveis e posteriormente tratados termicamente em pasteurizador UHT/HTST Marca Armfield modelo FT74 a temperatura de 90°C, seguido de enchimento a quente em garrafas de vidro de 250 mL previamente esterilizadas, as quais foram fechadas com tampas plásticas, recravadas manualmente. Em seguida, as garrafas contendo as bebidas foram imediatamente resfriadas em recipiente plástico contendo água clorada a temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$. As bebidas foram então armazenadas a temperatura ambiente ($25 \pm 5^{\circ}\text{C}$) por 120 dias.

2.2.2 Precipitação da goma de cajueiro e obtenção das partículas

A goma do cajueiro foi obtida a partir do exsudado de cultivares de cajueiro e purificada seguindo a metodologia descrita por Rodrigues, Paula e Costa (1993) com algumas modificações.

Para o preparo da goma, o exsudato foi fragmentado, em seguida, 50 g da amostra triturada foram transferidas para um béquer contendo 500 mL de água destilada, onde permaneceu sob agitação por 2h. A mistura foi então filtrada para remoção de fragmentos de madeira. O filtrado obtido foi adicionado de etanol, na proporção 1:4 v/v (filtrado/etanol), para precipitação da goma. O sistema foi deixado sob refrigeração por aproximadamente 12 h, para promover eficiente precipitação. Após este período, parte do álcool sobrenadante foi removido e o precipitado foi separado por filtração a vácuo, em funil de Büchner de placa sinterizada. No sistema a vácuo o precipitado foi lavado com duas porções de 100 mL de etanol para remoção de possíveis traços de gorduras, ou outras impurezas. A goma purificada foi transferida para almofariz e seca com o auxílio de um secador manual. A goma seca foi armazenada em frasco fechado, à temperatura ambiente.

Após a obtenção da goma, fez-se a obtenção das partículas através da formação de uma emulsão fina e estável do material do núcleo (óleo vegetal - DHA) e da solução de parede (goma de cajueiro). Para isto foi preparada uma formulação utilizando-se a solução de goma de cajueiro a 10% e proporção 1:30 para a relação núcleo:material de parede. Para melhor estabilidade da solução foi necessária a adição de um agente emulsificante (Tween 20), na proporção de 1:1 (núcleo:emulsificante). A dispersão foi então homogeneizada por 2 minutos a 14000 rpm em homogeneizador Turratec (marca TECNAL, modelo TE-102) e submetida ao processo de liofilização (AGUIAR, 2013).

2.2.3 Caracterização das partículas

O tamanho das partículas, bem como a sua distribuição de tamanho foi verificado utilizando um analisador de tamanho de partículas Zetasizer Nano, modelo ZS 3600, Malvern. Os resultados obtidos são mostrados em forma de gráficos de volume como função do tamanho das partículas produzidas em cada amostra.

2.2.4 Análise Cromatográfica do Óleo Adicionado na Bebida Mista

Foi realizada a análise de identificação de ácidos graxos poliinsaturados presentes nas amostras de óleo e óleo encapsulado, através de cromatografia gasosa, a fim de comprovar a sua presença do ácido 4,7,10,13,16,19-docosaheptaenoico (DHA).

O óleo e o óleo encapsulado foram submetidos à preparação de ésteres de ácidos graxos, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Em seguida, foi analisado em um aparelho de cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CGDIC), fabricante Shimadzu, modelo GC2010, coluna capilar SP2560 de fase estacionária biscianopropil polidimetilsiloxano (100 m × 0.25 mm, df 0.20 µm; Supelco Bellefonte, PA), modo de injeção com divisão de fluxo de 1:30, gás carreador hidrogênio com fluxo constante de 1,5 mL.min⁻¹, temperatura do injetor de 220 °C, temperatura do detector 220 °C. Programação do forno cromatográfico: temperatura inicial 80 °C, rampa de aquecimento de 11 °C min⁻¹ até 180 °C e de 5 °C min⁻¹ até 220 °C, mantida por 19 minutos.

A identificação dos picos no cromatograma foi realizada pela comparação dos seus índices de retenção com os de compostos conhecidos, obtidos por injeção de uma mistura de padrões contendo uma série homóloga de alcanos C7-C30 e pela comparação com o cromatograma de uma solução padrão de ácidos graxos previamente injetada na mesma metodologia. A contribuição de cada composto na mistura foi dada pela área relativa (%) do seu respectivo pico no cromatograma.

Foi realizada a análise cromatográfica na bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 (formulação F2) para verificar a presença do ácido graxo poliinsaturado DHA.

2.2.5 Caracterização química e físico-química das bebidas mistas de caju e araçá-boi adicionadas de ômega-3

Foram realizadas determinações químicas e físico-químicas de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, carotenóides totais e cor instrumental (L*, a*, b*, Croma e ângulo Hue) e os componentes bioativos de ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante total pelo Método de Redução do Ferro (FRAP) e da Captura do Radical Livre ABTS^{•+} das bebidas mistas de caju e araçá-boi durante 120 dias de armazenamento. As análises foram feitas em triplicata para cada repetição do experimento.

O pH foi determinado por meio de potenciômetro, previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0, conforme IAL (2008). O teor de sólidos solúveis foi medido de acordo com a metodologia recomendada pelo IAL (2008), na qual se efetuou a leitura (°Brix) em refratômetro *Reichert*, modelo AR 200, escala de 0°Brix a 100°Brix, com compensação automática de temperatura para 20°C. A determinação da acidez titulável foi realizada por titulometria, utilizando-se 1 mL de amostra (IAL, 2008), sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico.

A determinação de carotenóides totais foi feita de acordo com metodologia descrita por Talcott e Howard (1999). Aproximadamente 2 g de amostra foi pesada e extraída com 25 mL (agitando por 5 minutos) com uma solução de acetona/etanol (1:1) com 100 mg/L de butilhidroxitolueno (BHT) adicionado. A extração foi feita no escuro, sendo o extrato filtrado para um balão volumétrico de 100 mL âmbar e aferido com a solução de acetona/etanol (1:1). A leitura foi feita a 470 nm. O teor de carotenóides totais foi calculado de acordo com a fórmula: $[(V \cdot A \cdot 10^6) / A^{1\%} \cdot 100 \cdot m]$, onde A = absorvância a 470 nm; V = Volume total do extrato (100 mL); $A^{1\%} = 2500$; m = massa da amostra. E os resultados expressos em $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

A determinação de cor instrumental foi realizada utilizando-se um colorímetro da marca Minolta, modelo CR 400, o qual forneceu os valores dos parâmetros L* (luminosidade), a* (mudança da cor verde para vermelha) e b* (mudança da cor azul para amarela). Valores numéricos de a* e b* foram convertidos em ângulo Hue e Croma pelas fórmulas: $\text{ângulo Hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$ e $\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado por meio do método titulométrico baseado na redução do indicador 2,6-diclorofenolindofenol pelo ácido ascórbico (IAL, 2008), onde os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL de suco.

O conteúdo de polifenóis foi determinado através do reagente de *Folin-Ciocalteu* segundo metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), com algumas modificações. A amostra foi pesada e feita uma primeira extração com 20 mL de etanol 50% durante 60 minutos, protegida da luz. Em seguida o material obtido foi centrifugado em centrífuga *Hettich*, modelo Rotina 380R, a 1.509,30 g (10.000 rpm) durante 15 min e o sobrenadante foi recuperado. Após a centrifugação, o sobrenadante obtido foi filtrado para um balão de 50 mL protegido da luz. Ao resíduo resultante da centrifugação adicionou-se 20 mL de acetona 70%, sendo o sistema deixado em repouso durante 60 minutos e, em seguida, centrifugado. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 50 mL, aferindo-o com água destilada, obtendo-se assim o extrato. Ao extrato (1 mL) foi

adicionado 1 mL de reagente de *Folin-Ciocalteu* (1:3), 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada, homogeneizado e, após 30 minutos, fez-se a leitura em espectrofotômetro *Shimadzu*, modelo UV-1800, a 700 nm. O resultado foi expresso em miligramas de ácido gálico equivalente (AGE) por 100 gramas de amostra.

Foi determinada a atividade antioxidante total pelo método ABTS conforme descrito por Rufino *et al.*, (2007) e também pelo método FRAP (Rufino *et al.*, 2006). O extrato utilizado para a análise foi o mesmo obtido para a determinação de polifenóis totais. Para o método ABTS, a leitura foi realizada em espectrofotômetro de marca SHIMADZU, modelo UV- 1800 a 734nm e os resultados foram expressos como TEAC - Atividade antioxidante Equivalente ao Trolox (ácido 2-carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano), em $\mu\text{M/g}$ de amostra. Para o método FRAP, a leitura foi realizada a 595 nm após 30 minutos da mistura preparada e utilizado o reagente FRAP como branco para calibrar o espectrofotômetro e os resultados expressos como $\mu\text{M/g}$ de $\text{Fe}_2\text{SO}_4/\text{g}$ da amostra.

2.2.6 Análise Sensorial

Avaliações sensoriais foram conduzidas após o processamento e a cada 30 dias durante 120 dias de armazenamento, objetivando avaliar a estabilidade dos produtos. As três bebidas em estudo foram submetidas ao teste de aceitação sensorial, na qual foi realizada com 100 consumidores de sucos de frutas entre bolsistas e funcionários da EMBRAPA Agroindústria Tropical. Foi solicitado aos participantes assinar um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B).

Os testes foram realizados em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes, sob condições controladas de temperatura e ruído. Foi preparada uma amostra única de cada tratamento a partir da mistura de partes iguais das três repetições. Todos os provadores avaliaram amostras de todos os tratamentos em uma sessão.

A apresentação das amostras foi monádica, em ordem completamente balanceada (MACFIE *et al.*, 1989). A aceitação foi avaliada por meio de uma escala hedônica estruturada de nove categorias (1 – “desgostei muitíssimo” a 9 – “gostei muitíssimo”) (PERYAM; PILGRIM, 1957), indicando quanto gostaram ou desgostaram das amostras em relação a aparência, aceitação global e sabor.

Foi realizado, na mesma sessão, o teste CATA (Marque tudo que se aplique), uma nova modalidade baseado nas respostas dos consumidores a uma pergunta para descrever as

amostras e seu ponto ideal, como extensão da abordagem sugerida por Plaehn (2012) ao trabalhar com o perfil de bebidas.

Os provadores marcaram em uma lista com 22 descritores sensoriais com objetivo de caracterizar as bebidas mistas de caju e araçá-boi, levando em consideração aparência, aroma, sabor, textura e sensações (Tabela 8). Os termos descritivos foram selecionados com base em estudos preliminares realizados com possíveis provadores.

Tabela 8 – Lista de descritores sensoriais

Confira todos os atributos que descrevem a amostra
<input type="checkbox"/> Cor amarela
<input type="checkbox"/> Diluída
<input type="checkbox"/> Heterogênea
<input type="checkbox"/> Partículas em Suspensão
<input type="checkbox"/> Partículas Escuras
<input type="checkbox"/> Aroma Frutal
<input type="checkbox"/> Aroma de Caju
<input type="checkbox"/> Aroma Ácido
<input type="checkbox"/> Sabor de Caju
<input type="checkbox"/> Gosto Doce
<input type="checkbox"/> Gosto de Fruta Verde
<input type="checkbox"/> Sabor de Fruta
<input type="checkbox"/> Consistente
<input type="checkbox"/> Concentrado
<input type="checkbox"/> Adstringente
<input type="checkbox"/> Sabor estranho
<input type="checkbox"/> Pálida
<input type="checkbox"/> Aroma Doce
<input type="checkbox"/> Cheiro de Caldo de Cana
<input type="checkbox"/> Cheiro de Fruta Madura
<input type="checkbox"/> Suco Amargo

A relevância de cada termo é determinada calculando a sua frequência de utilização. Perguntas CATA foram relatadas para ser um método rápido, simples e fácil de reunir informações sobre a percepção dos consumidores das características sensoriais de produtos alimentares (ADAMS *et al.*, 2007).

2.2.7 Análise Microbiológica - Teste de esterilidade comercial

Para verificar a estabilidade microbiológica e avaliar a eficiência da pasteurização dos produtos foi realizado o teste de esterilidade comercial nas três bebidas formuladas logo após o processamento (tempo zero). A avaliação foi feita conforme o procedimento da APHA (2001), avaliando a causa mais provável de deterioração.

Três garrafas de cada formulação foram incubadas em estufa B.O.D. a 30°C por 10 dias. Após esse período, verificou-se a ocorrência de possíveis alterações (estufamento, vazamento e modificação nas características sensoriais de cor, odor, textura e viscosidade). Não sendo observadas alterações, submetem-se as amostras ao teste de esterilidade comercial.

As amostras foram abertas assepticamente, homogeneizadas, retiradas porções de 2 mL e transferidas para oito tubos de ensaio com tampas rosqueáveis contendo os seguintes meios de cultura: - Caldo Ácido (CA) previamente desaerado, Caldo Extrato de Malte (EM) e Caldo APT. Após a inoculação, foram retirados 10 mL de cada amostra e estes transferidos para tubos estéreis, como contra amostra, os quais foram refrigerados. Também foram retiradas alíquotas de cada amostra para verificação do pH.

Após a inoculação foi colocado ágar selo em quatro tubos de CA, para gerar condição de anaerobiose, e incubados a 30-35°C/5 dias em jarra de anaerobiose. Os demais tubos de caldo ácido foram incubados em condições aeróbias a 55°C/3 dias. Os tubos de Caldo EM e Caldo APT após a inoculação, foram incubados a 30°C/4 dias.

Após o período de incubação todos os tubos foram observados quanto à ocorrência de crescimento (turvação do meio) e formação de película superficial. Os tubos de caldo ácido estratificados também foram observados quanto à presença de odor butírico e gás no tubo de Durham. Devido à turbidez causada pelas amostras, uma alçada de cada foi estriada em meio adequado e incubada nas mesmas condições do tubo original. Após incubação, a observação de crescimento em qualquer das placas inoculadas confirma a ocorrência de crescimento no tubo original, de acordo com as seguintes finalidades: - incubação anaeróbia do CA a 30°C para verificar a presença de Clostrídios butíricos e anaeróbios facultativos; incubação aeróbia do caldo ácido a 55° C para verificar a presença de B. Coagulans; inoculação do EM para verificar a presença de fungos filamentosos e leveduras e inoculação do caldo APT para verificar a presença de bactérias lácticas.

2.3 Análise Estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento em parcelas subdivididas, com formulações de bebidas nas parcelas realizadas em ordem aleatória, com três níveis (formulação F1, formulação F2 e formulação F3) e tempo de armazenamento nas subparcelas, em cinco níveis (0, 30, 60, 90 e 120 dias) mantidos à temperatura ambiente (25±5°C), em fatorial inteiramente ao acaso. Os ensaios foram conduzidos em três repetições.

Os dados obtidos nas análises físico-químicas, químicas e sensoriais foram submetidos à análise de interação entre formulações e tempos de armazenamento e regressão, e quando conveniente, foi realizado teste de Tukey para comparação de médias, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico *Statistical Analysis System for Windows*, SAS versão 8.1 (2006).

Análise de correspondência (CA) foi usada para obter uma representação bi-dimensional das amostras e a relação entre as amostras e os termos do CATA. Esta análise foi realizada na tabela de frequência contendo as amostras (bebidas mistas de caju e araçá-boi) em colunas e os atributos utilizados pelos consumidores para descrever as amostras nas linhas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por o XLSTAT software para Windows versão 2012.5 (Adinsoft, Paris, França).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização das partículas

O tamanho médio das partículas obtidas compostas do óleo DHA (núcleo) e goma do cajueiro (material de parede) foi de $144,1 \pm 12,9$ nm, possuindo uma distribuição por volume de 100%.

No gráfico de distribuição de tamanho de partículas (Figura 12) obtido para a amostra de óleo DHA encapsulado, foram observadas partículas, na faixa de 100 nm a 1000 nm de diâmetros.

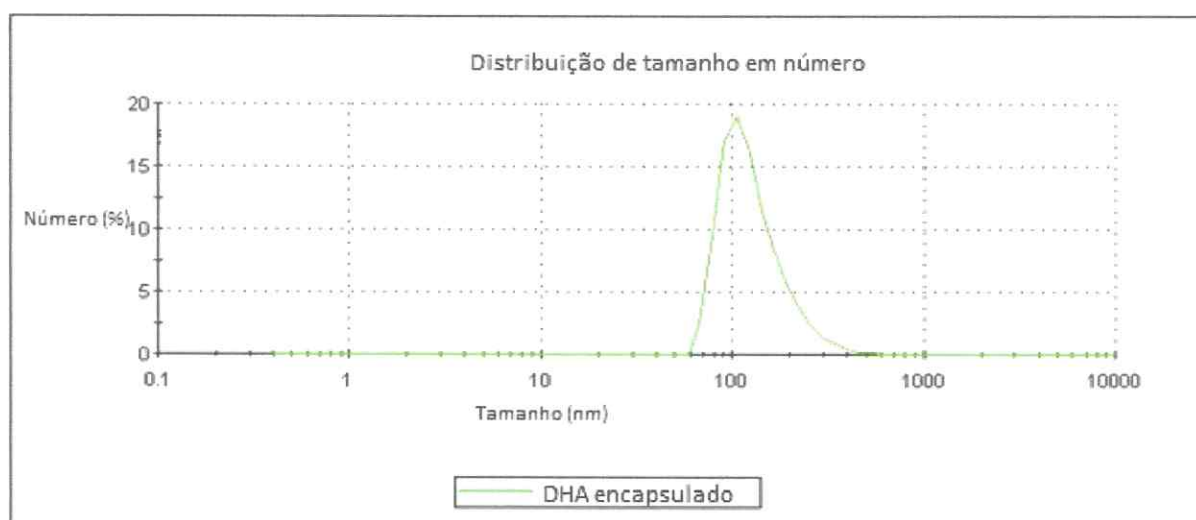
Aguiar (2013) estudando corante de urucum nanoencapsulado com goma de cajueiro e Paula *et al.* (2009), nanopartículas de goma de angico e quitosana contendo óleo essencial de *Lippia sidoides* obtiveram tamanho médio de partícula variando de 10 e 60 nm. O método de encapsulação utilizado por estes autores foi o *spray-drying*, demonstrando uma maior eficiência na produção de compostos de dimensões nanométricas, enquanto que o método de encapsulação utilizado no estudo foi por liofilização, o que pode ter influenciado no tamanho das partículas.

Diversos autores afirmam que diferentes tipos das microcápsulas e microesferas são produzidos a partir de uma ampla variedade de materiais de parede (monómeros e/ou polímeros) e por um grande número de diferentes processos de microencapsulação, tais como

spray-drying, extrusão, liofilização, etc (DESAI; PARK, 2005; GOUIN, 2004), confirmando a diferenças de resultados.

De acordo com o seu tamanho, as cápsulas são classificadas como nanopartículas ou micropartículas, variando de 10 a 200 nm e de 1.000 a 100.000 nm, respectivamente (MARTIN, 1993). Acima de 100 μm elas são denominadas de macropartículas (SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2000). Considerando a média encontrada para o tamanho das partículas de $144,1 \pm 12,9$ nm, estas poderiam ser classificadas como nanopartículas, porém, muitas partículas estão na classificação de micropartículas.

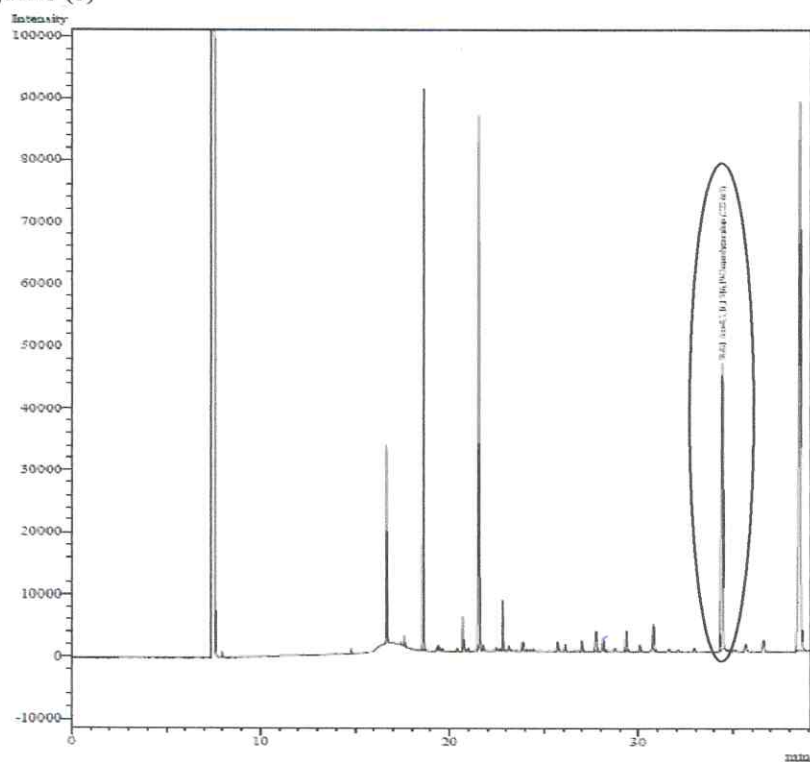
Figura 12 - Distribuição do tamanho das partículas contendo o óleo DHA encapsulado com goma de cajueiro.



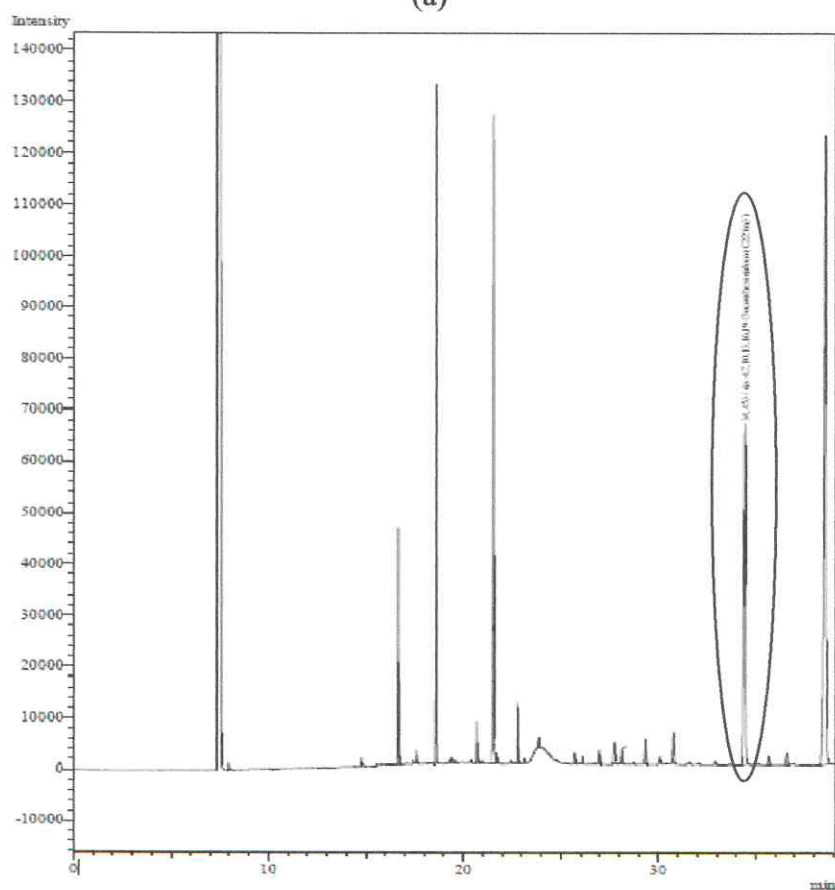
3.2 Análise de Cromatografia Gasosa do Óleo

Na análise qualitativa de cromatografia da amostra de óleo contendo DHA e do óleo encapsulado, utilizado nas bebidas, foi possível identificar o ácido graxo 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico (DHA) esperado para proporcionar funcionalidade à bebida, com um tempo de retenção em 34 minutos (Figura 13a e 13b, APÊNDICE C e D).

Figura 13 – Cromatogramas da amostra contendo óleo DHA (a) e as cápsulas contendo o óleo DHA encapsulado com goma de cajueiro (b)



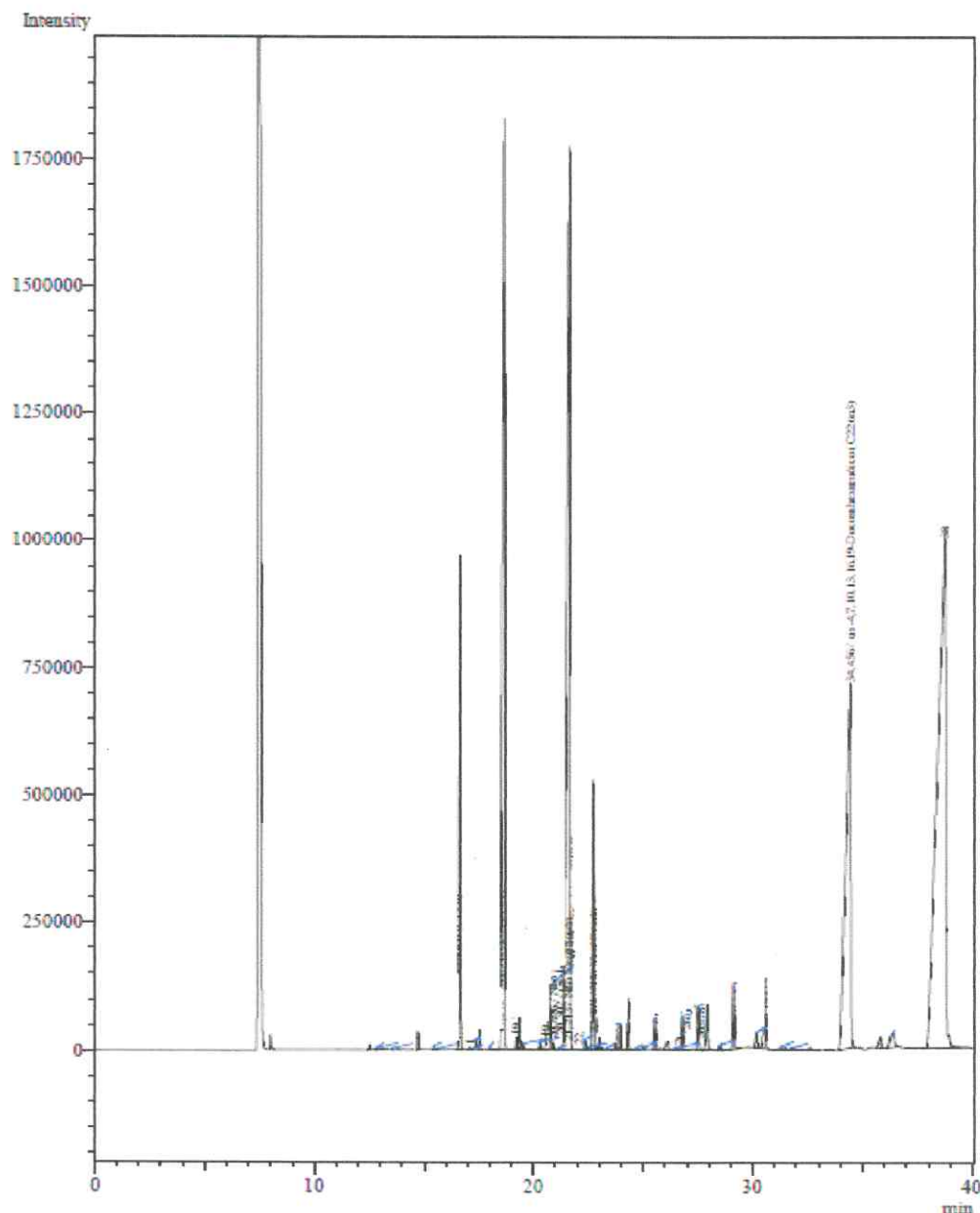
(a)



(b)

Na figura 14 verifica-se o cromatograma da formulação F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3). Pode-se observar que o ômega-3 está presente na bebida, no tempo de corrida em aproximadamente 34 minutos (APÊNDICE E).

Figura 14 – Cromatograma da bebida mista de caju e araçá-boi adicionado de ômega-3.



3.3 Determinações químicas e físico-químicas

A análise de variância das características químicas e físico-químicas detectou interações significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos (formulações F1, F2 e F3) e o tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias) apenas para os antioxidantes pelos métodos do

ABTS e FRAP (APÊNDICE G). Portanto, para estes parâmetros foi feita uma análise de regressão para cada tratamento separadamente.

Para todos os outros parâmetros, pH, sólidos solúveis, ácido ascórbico, acidez titulável, carotenóides totais, fenólicos totais, L*, a*, b* Croma e Hue, não foram detectadas interações significativas ($p > 0,05$) entre formulações e tempo de armazenamento, estudando-se as diferenças entre as formulações pelo teste de médias (Tukey) (Tabela 9 e Tabela 10) e avaliações do comportamento dos parâmetros com o tempo de armazenamento por análise de regressão (APÊNDICE F).

Na Tabela 9, podem ser observadas as médias dos resultados dos parâmetros químicos e físico-químicos de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, L*, a*, b*, Croma e Hue das bebidas mistas de caju e araçá-boi.

Tabela 9 – Comparação das médias durante o período de armazenamento para as determinações de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, L*, a*, b*, Croma e Hue das bebidas mistas: F1 (bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3), F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado)

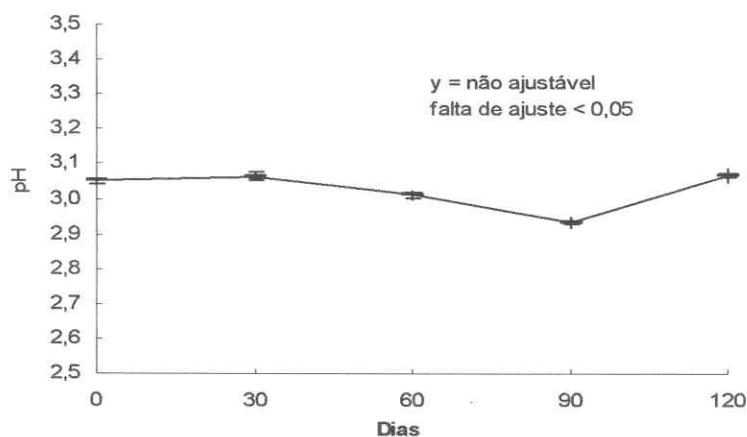
Formulações	Determinações							
	pH	Acidez titulável (g 100 g ⁻¹)	Sólidos Solúveis (°Brix)	L*	a*	b*	Croma	Hue
F1	3,01 ^a	0,39 ^a	11,59 ^a	42,06 ^b	-5,40 ^a	13,20 ^b	14,27 ^b	112,29 ^{a,b}
F2	3,03 ^a	0,40 ^a	11,61 ^a	42,82 ^b	-5,57 ^a	14,25 ^a	15,31 ^a	111,38 ^b
F3	3,02 ^a	0,40 ^a	11,66 ^a	44,25 ^a	-6,06 ^b	14,48 ^a	15,70 ^a	112,73 ^a

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores de pH não diferiram significativamente entre os tratamentos, apresentando médias em torno de 3,00 para as três bebidas formuladas, permanecendo dentro da faixa ácida (<4,5), valor que limita o desenvolvimento de microrganismos, contribuindo para a segurança alimentar dos produtos elaborados (Tabela 9).

Houve diferença significativa do pH com o tempo de armazenamento (Figura 15, APÊNDICE F), porém não foi possível ajustar a nenhum modelo testado. Os valores de pH encontrados neste estudo foram mais baixos do que os encontrados por Viana *et al.* (2012) estudando geléia de mamão e araçá-boi e Rebello *et al.* (2011) estudando néctar misto de araçá-boi e manga ubá, onde nos dois estudos utilizando a maior proporção de araçá-boi (70%), as médias obtidas foram 3,07 e 3,26, respectivamente. Dessa forma, o caju contribui para um pH mais baixo.

Figura 15 - Média dos valores de pH das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$).

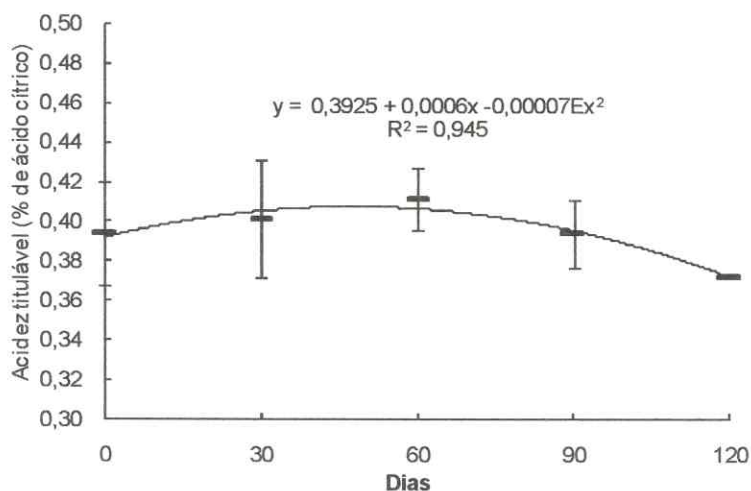


Verificou-se uma pequena variação do pH durante o período de armazenamento. Freitas *et al.* (2006), avaliando a estabilidade físico-química de suco de acerola submetido a tratamento térmico e armazenamento a 28°C por 350 dias, observaram um discreto aumento do pH com o tempo, atribuindo esse comportamento à perda de ácido cítrico durante o armazenamento.

Os valores para acidez titulável foram próximos entre as formulações, sendo que todas as formulações apresentaram-se iguais estatisticamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) (Tabela 9).

A análise de regressão da acidez titulável mostrou variação com o tempo de armazenamento, sendo possível um ajuste ao modelo quadrático, com uma diminuição nos seus valores (Figura 16).

Figura 16 - Média dos valores de acidez titulável das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$).



Rebello *et al.* (2011) encontraram valores de acidez variando de 0,35-0,43g ácido cítrico.100g⁻¹ para néctares mistos de araçá-boi e manga com proporções de polpa 30:70 e 70:30, respectivamente, valores bastante semelhantes ao encontrados nesse estudo. Enquanto que Fernandes (2013) encontrou os valores de acidez para os néctares de caju de 0,19g.100g⁻¹.

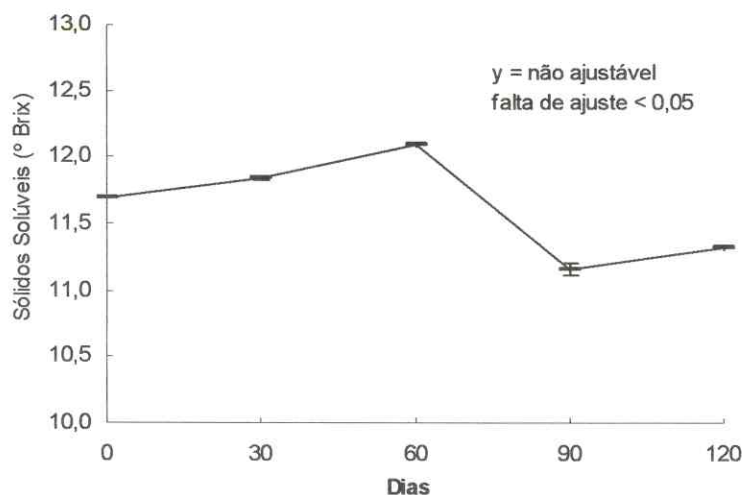
Souza Filho *et al.* (2002) estudaram diferentes néctares de frutos como araçá-boi, ata, camu-camu, sapoti; e encontraram maiores valores de acidez para néctar de araçá-boi (0,68%). Nesse trabalho os autores não usaram misturas de frutas, desse modo, justificam-se valores diferentes acidez (mais baixos) característicos do araçá-boi.

Souza *et al.* (2010) estudando néctares mistos de caju e araçá-boi, com teor total de polpa de fruta de 35% e maiores teores de araçá-boi encontraram valores mais elevados de acidez do que o observado nesse estudo.

Na análise estatística dos valores obtidos para sólidos solúveis (°Brix) não foi observada interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento, estando às médias de cada formulação expostas na tabela 9.

A análise de regressão dos sólidos solúveis mostrou variação com o tempo de armazenamento, não sendo possível ajustar a nenhum modelo testado (Figura 17). As médias encontradas para cada formulação foram coerentes aos teores de sólidos solúveis fixadas, apresentando-se em torno de 11°Brix.

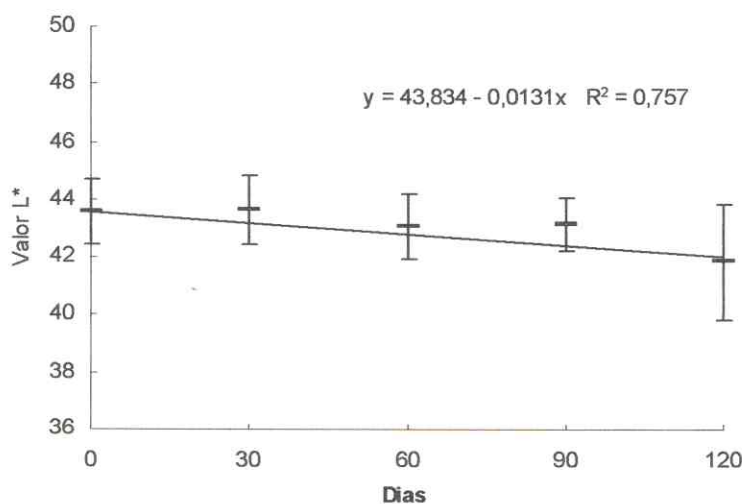
Figura 17 - Média dos valores de sólidos solúveis das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$).



Todas as amostras apresentaram valores de luminosidade acima de 40 (Tabela 9). O valor L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco), e é um indicador de escurecimento, no qual expressa a luminosidade ou claridade da amostra, sendo observado que o seu valor é inversamente proporcional à sua coloração, ou seja, quanto mais escuro o produto, mais baixo será o valor encontrado para L^* . Portanto, as amostras que possuem brilho superficial elevado (quão clara é a amostra) apresentam valor próximo a 100.

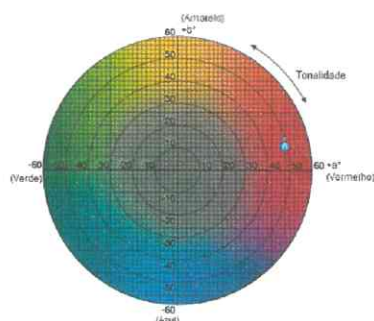
A luminosidade (L^*) diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey entre as formulações ($P \leq 0,05$), durante o período de armazenamento, ajustando-se ao modelo linear (Figura 18). Observando os valores L^* é possível afirmar que as bebidas formuladas com caju e araçá-boi apresentaram claridade intermediária.

Figura 18 - Média dos valores de sólidos solúveis das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$).



Os valores de a^* mais positivos indicam tendência à coloração vermelha e mais negativo, coloração verde. Valores de b^* mais positivo expressam maior intensidade de amarelo e mais negativo, maior intensidade de azul, conforme mostra a figura 19.

Figura 19– Diagrama (tonalidade e saturação) $L^*a^*b^*$



Observando os valores a^* e b^* é possível afirmar que as bebidas mistas de caju e araçá-boi tenderam para a cor amarela (Tabela 9). O mesmo comportamento foi observado por Fernandes (2013) para néctar de caju.

A análise de regressão do valor a^* mostrou variação com o tempo de armazenamento, sendo possível um ajuste ao modelo linear (Figura 20). Porém, não foi observada essa variação com o tempo de armazenamento para o valor b^* , sendo este representado pelo valor médio do tempo (Figura 21).

Figura 20 - Média dos valores de a^* das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$).

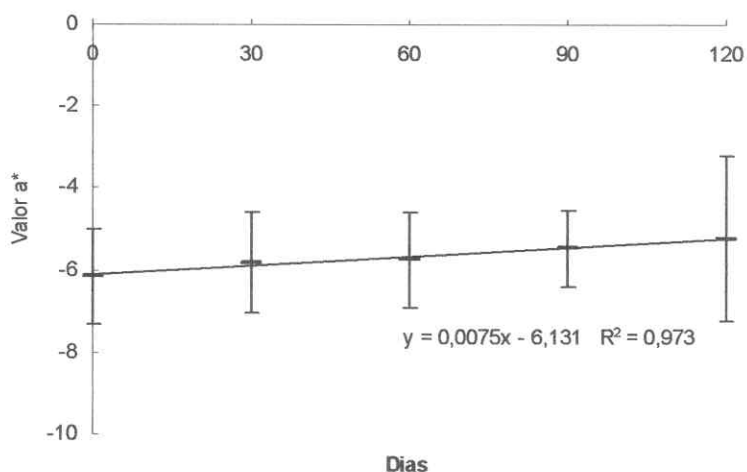
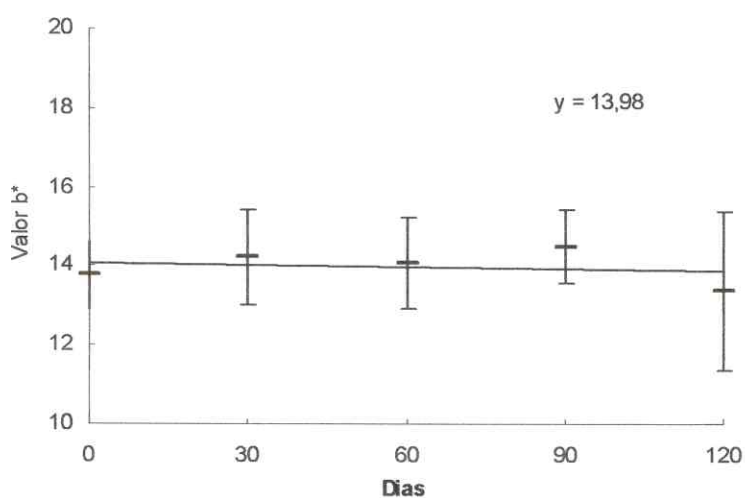
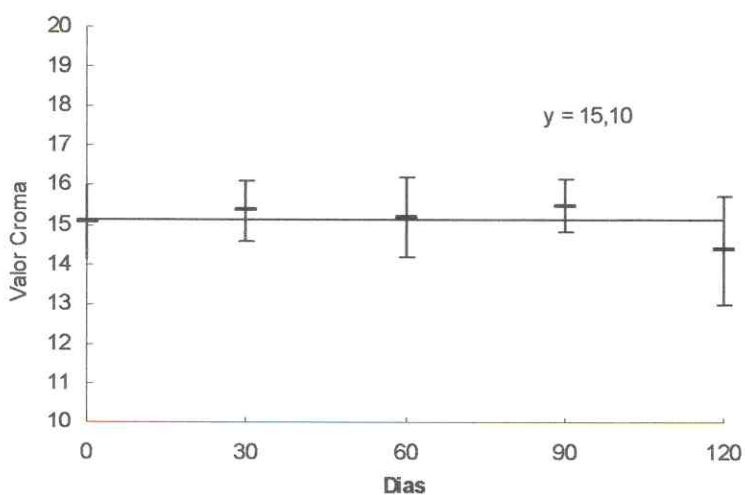


Figura 21 - Média dos valores de b^* das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$).



A variável croma (C^*) não apresentou variação com o tempo de armazenamento, sendo, portanto, apresentada apenas pela média 15,10 (Figura 22). O C^* representa o grau de concentração ou pureza de uma cor, podendo ser definida como a intensidade da mesma. Aumenta a partir de zero em função de aumentos nos valores absolutos de a^* e b^* , quando essa variável assume valores próximos a 60, tem-se cores vividas. Por sua vez, o ângulo hue define a cor por meio de uma escala de 0° a 360° , sendo que o 0° corresponde à cor vermelho, 90° corresponde ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul (ABREU *et al.*, 2011).

Figura 22 - Média dos valores de Croma das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$).

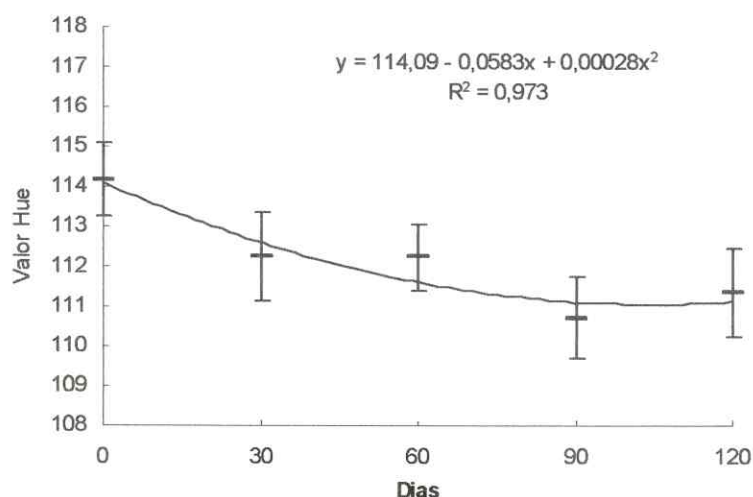


O croma representa a saturação da cor, ou seja, é a qualidade que caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. Assim, sendo, quanto maior o valor de croma, maior é a quantidade de pigmentos.

Para o parâmetro C*, os resultados obtidos foram 14,27 (F1), 15,31 (F2) e 15,70 (F3), sendo que a formulação F1 diferiu estatisticamente das outras duas (Tabela 9). Abreu *et al.* (2011) encontraram valor 13,04 para sua bebida mista de manga, maraujá e caju.

O valor do ângulo Hue obtido foi em torno de 112° (Tabela 9). Valor bastante semelhante ao encontrado por Fernandes (2013), obtendo valores variando de 113,13° para o néctar de caju adoçado com sacarose e 119,02° para o néctar de caju adoçado com aspartame. Estando os valores mais próximos da faixa correspondente à tonalidade amarelo (90°), o que é concordante com os valores positivos de b*. Durante o período de armazenamento o valor de Hue apresentou diferença significativa, sendo possível ajustar ao modelo quadrático (Figura 23).

Figura 23 - Média dos valores de Hue das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C).



Na análise de variância dos componentes funcionais verificou-se interação significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações e o tempo de armazenamento somente para a capacidade antioxidante pelos métodos de redução de ferro (FRAP) e Captura do Radical Livre ABTS^{•+}

Na Tabela 10 podem ser observadas as médias para as determinações de ácido ascórbico, carotenóides totais e polifenóis totais.

Tabela 10 – Comparação de médias durante o período de armazenamento para as determinações de ácido ascórbico, carotenóides totais, polifenóis totais das bebidas mistas: F1 (bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3), F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado)

Formulações	Determinações		
	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	Carotenóides totais (µg 100 g ⁻¹)	Polifenóis totais (mg AGE 100 g ⁻¹)
F1	30,32 ^a	187,73 ^a	83,96 ^a
F2	32,96 ^a	219,90 ^a	88,83 ^a
F3	33,31 ^a	242,63 ^a	74,25 ^b

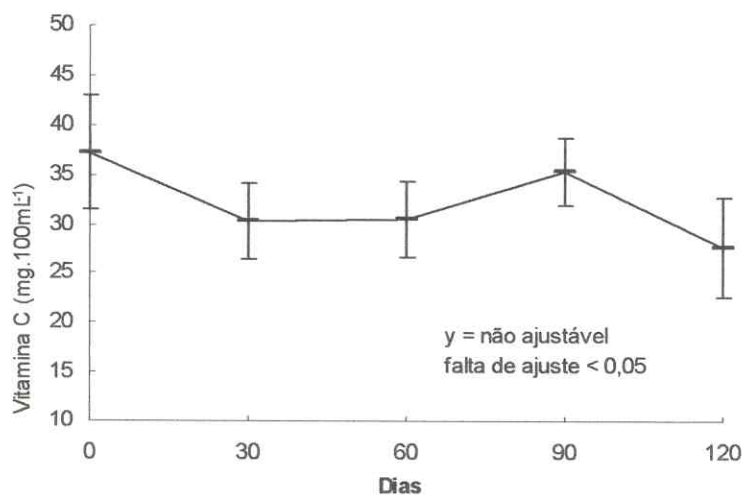
Médias seguidas de pelo menos uma letra igual na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Estatisticamente, os valores para ácido ascórbico não apresentaram interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento ($P > 0,05$). Os valores de ácido ascórbico não sofreram diferenças significativas entre as formulações, variando de 30,32 a 33,31 mg 100 g⁻¹, apresentando superiores ao valor médio encontrado por Silva *et al.* (2008), que foi de 22,4 mg 100 g⁻¹ ao estudar néctar de caju adoçado com mel de abelha, estando ambos os resultados superiores ao exigido pela legislação brasileira que é de no mínimo 15,00 mg 100 g⁻¹ (BRASIL, 2003).

Ao estudarem néctares mistos de caju e araçá-boi, Souza *et al.* (2010) observaram que os néctares que continham os maiores teores de polpa de caju (75%), com 15 e 13°Brix, apresentaram maiores conteúdos de vitamina C, 48,36 e 47,74 mg/100 g, , respectivamente, valores mais elevadas ao observado nesse estudo.

Estatisticamente observou-se variação com o tempo de armazenamento, porém não foi possível ajustar a nenhum modelo testado (Figura 24).

Figura 24 - Média dos valores de vitamina C das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25±2°C)



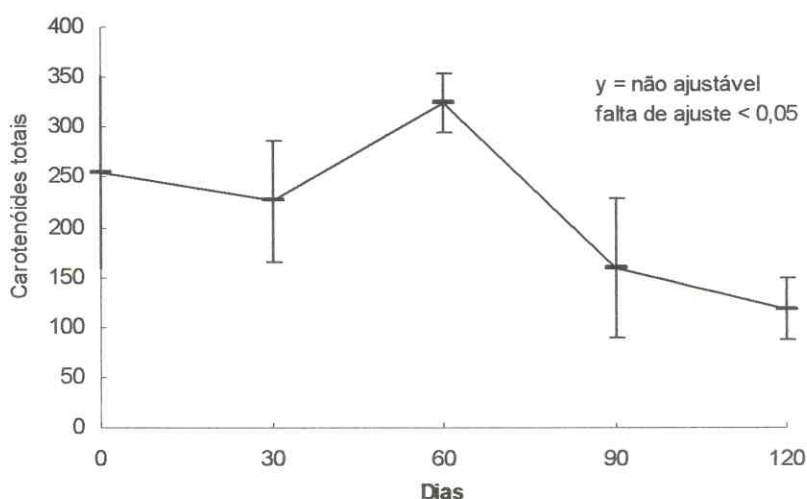
Os teores de carotenóides totais variaram de 187,73 a 242,63 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, não apresentando diferença significativa entre as formulações. Porém, notam-se valores mais elevados de carotenóides nas formulações F2 e F3 (bebidas mistas de caju e araçá-boi adicionadas de ômega-3), podendo ser atribuído à adição de ômega-3.

Lemahieu *et al.* (2013), estudando o impacto da suplementação alimentar com ômega -3 sobre enriquecimento de ovos de galinhas poedeiras, observaram que a cor da gema passou de amarelo para uma cor vermelha mais intensa com a suplementação, devido à transferência de carotenóides a partir de microalgas para ovos. O aumento dos teores de carotenóides também foi observado por Fredriksson, Elwinger e Pickova (2006), em outros estudos com adição de ômega-3 em gema de ovos.

Cavalcante *et al.* (2003), ao estudarem os carotenóides de sucos de caju encontraram valores de 320,00 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, bastante superior ao deste estudo.

Durante o período de armazenamento, os carotenóides apresentaram diferença significativa, porém não foi possível ajustar os dados a nenhum modelo (Figura 25).

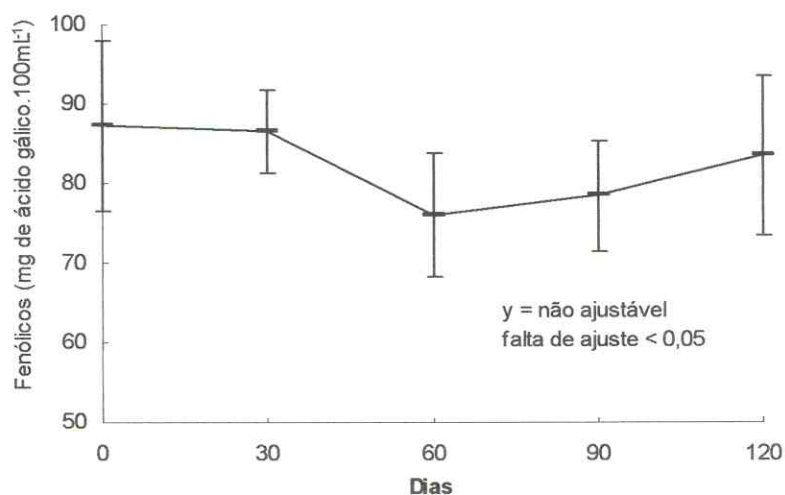
Figura 25 - Média dos valores de carotenóides das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$)



Os compostos fenólicos totais não apresentaram interação significativa ($P > 0,05$) entre tratamento e tempo de armazenamento. Durante o período de armazenamento, os compostos fenólicos apresentaram diferença significativa, porém não foi possível ajustar os dados a nenhum modelo (Figura 26). Os valores de polifenóis totais apresentaram variação de 74,25 a 88,83 mg de AGE 100 g^{-1} , onde a formulação F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado) diferiu das outras duas formulações.

Valores superiores de fenólicos totais foram observados por Souza *et al.* (2010) estudando néctares de caju e araçá-boi, provavelmente devido ao teor de polpa utilizado (35%).

Figura 26 - Média dos valores de fenólicos totais das bebidas formuladas com polpa de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$)

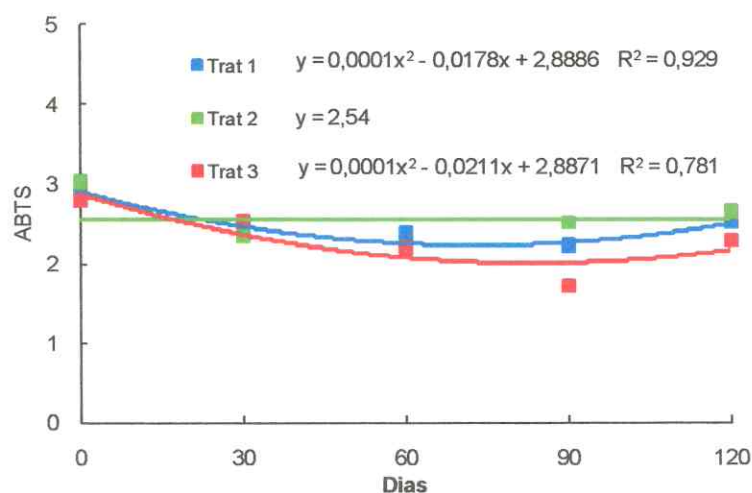


De acordo com Sousa *et al.* (2007) e Reddy *et al.* (2010), os compostos fenólicos são poderosos antioxidantes, resultando num efeito benéfico para a saúde, em relação ao combate ao estresse oxidativo.

A quantificação dos compostos fenólicos em sucos de frutos tem a finalidade de avaliar o potencial de escurecimento durante ou após o processamento, e também a possibilidade de interferência desses compostos no sabor devido à característica de adstringência de alguns deles (FILGUEIRAS *et al.*, 2000).

A análise estatística dos valores obtidos para a variação de atividade antioxidante total pelo método do ABTS em função do tempo de armazenamento apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$), ajustando-se a um modelo quadrático para a formulação F1 e F3, e não ajustável aos modelos testados para a formulação F2 (Figura 27). A formulação F2 apresentou-se constante, com média de $2,54 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} .

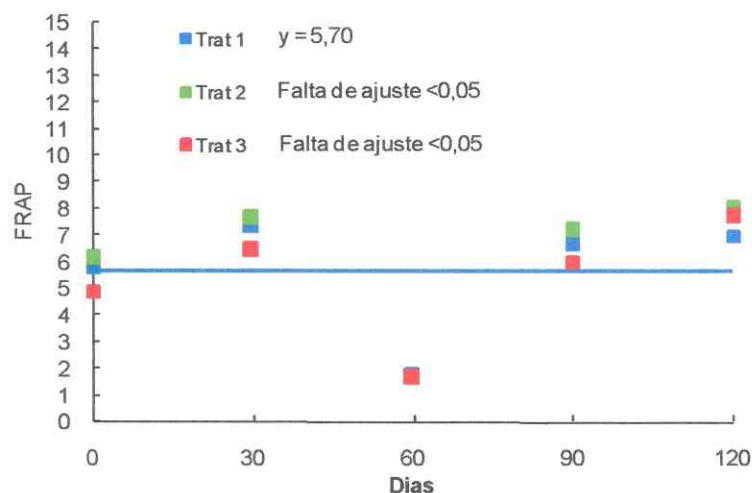
Figura 27– Atividade antioxidante total pelo método do ABTS das bebidas mistas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$)



Observa-se na figura 27 que houve uma pequena diminuição da atividade antioxidante total para as formulações F1 e F3, permanecendo constante para a formulação F2 durante todo o período estudado.

Estatisticamente, os valores obtidos para a variação de atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP) apresentaram diferença significativa durante o tempo de armazenamento ($P \leq 0,05$), porém, não foi possível ajustar os dados em nenhum modelo para as formulações F2 e F3, sendo estes representados pelas médias em cada tempo de armazenamento (Figura 28). Já a formulação F1 apresentou atividade antioxidante total pelo método de redução de ferro constantes, com valor médio de $5,70\mu\text{M}$ de Fe_2SO_4 (Figura 29).

Figura 28 – Atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP) das bebidas mistas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$).



Rufino *et al.* (2010) encontraram $11,2 \mu\text{mol Trolox/g}$ de fruta para o método ABTS e $22,9 \mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4/\text{g}$ de fruta para o método FRAP, enquanto que Lima (2013) estudando a atividade antioxidante do suco integral de caju encontrou $18,1 \mu\text{M de Trolox.g}^{-1}$, valores superiores ao encontrado nesse estudo, podendo ser justificado pelo teor de polpa de caju presente no suco utilizado na bebida mista.

3.4 Avaliação sensorial das bebidas mistas de caju e araçá-boi

3.4.1 Caracterização dos provadores

Os provadores que participaram dos testes durante toda a pesquisa foram recrutados dentre estudantes e funcionários da EMBRAPA Agroindústria Tropical, representando um total de 100 em cada sessão. O sexo variou entre 68 e 76%, para o feminino, e entre 19 e 31%, para o sexo masculino, com idades entre 18 e superior a 50 anos.

A frequência do consumo de suco de frutas foi bastante alta, onde se observou que mais de 80% dos provadores indicam consumir diariamente ou de 2 a 3 vezes por semana, isso se deve provavelmente a busca por uma alimentação mais saudável.

Na Tabela 11 estão representadas as características dos provadores envolvidos nos testes de avaliação sensorial das bebidas mistas de caju e araçá-boi.

Tabela 11 - Características dos provadores em % envolvidos nos testes sensoriais durante os 120 dias de análise

Características dos provadores		Tempo de armazenamento				
		0	30	60	90	120
Faixa etária	18 a 35 anos	84	84	80	85	72
	36 a 45 anos	12	8	10	7	10
	46 a 50 anos	3	3	4	1	7
	>50 anos	-	2	5	4	5
Sexo	Homens	28	22	31	24	19
	Mulheres	71	76	68	74	75
Frequência de consumo de suco de frutas	Diariamente	44	46	44	56	49
	2 a 3 vezes/semana	42	42	37	35	31
	1 vez/semana	9	6	15	5	9
	Ocasionalmente	4	5	5	2	5

3.4.2 Teste de Aceitação

Não houve interação significativa entre os tratamentos (formulações de bebidas de caju e araçá-boi) e o tempo de armazenamento das formulações ($p > 0,05$) para a aparência. Portanto, esse atributo foi avaliado por meio do teste de médias (Tukey) entre os tratamentos e análise de regressão para avaliação do tempo de armazenamento. Verificou-se interação significativa entre tempo e tratamentos para os atributo sabor e aceitação global, sendo realizado o desdobramento da análise de regressão para cada um dos tratamentos, separadamente.

Os valores médios para o atributo aparência de três formulações estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores médios para o atributo aparência para as bebidas mistas de caju e araçá-boi.

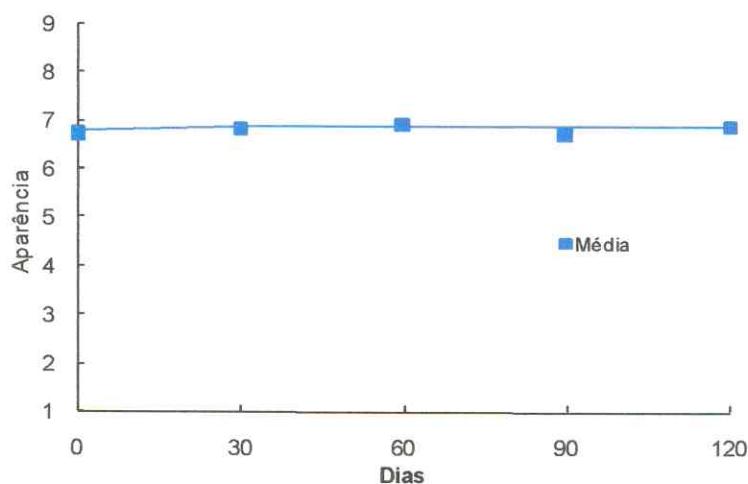
Formulações	Aparência
F1	7,0 ^a
F2	6,6 ^b
F3	6,9 ^a

F1- Bebida Mista de Caju e Araçá-boi; F2 – Bebida Mista de Caju e Araçá-boi Adicionada de Ômega-3; F3 - Bebida Mista de Caju e Araçá-boi Adicionada de Ômega-3 Encapsulado. Notas sensoriais: (9) “gostei muitíssimo” e (1) “desgostei muitíssimo” e (5) e o centro “nem gostei, nem desgostei”.

Os resultados sensoriais indicam que a Formulação F2, bebida mista de caju e araçá-boi com adição de ômega-3 obteve a menor média para o atributo aparência. A formulação F2 diferiu estatisticamente ($P \leq 0,05$) para esse atributo das outras duas formulações (F1 e F3).

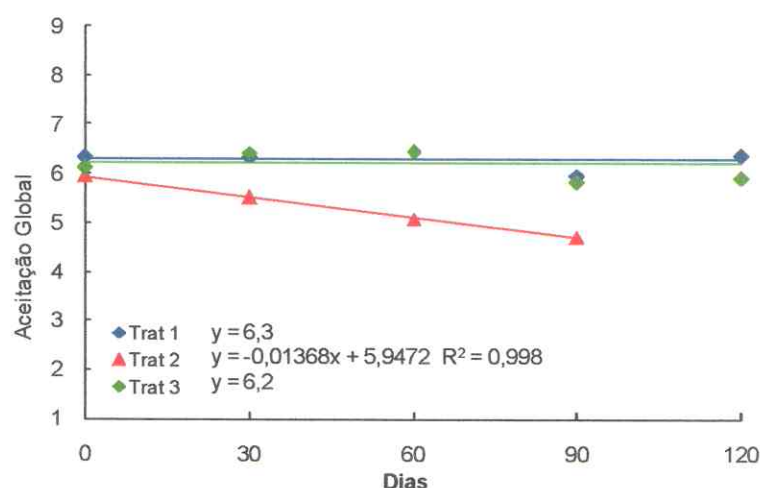
Para os resultados obtidos no atributo aparência não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) em função do tempo de armazenamento (Figura 29). O valor médio durante o período de 120 dias situou-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”.

Figura 29 - Média do atributo sensorial aparência das bebidas de caju e araquá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$)



A aceitação global variou com o armazenamento somente para a formulação 2, que teve uma diminuição linear com o armazenamento, situando-se entre os termos “nem gostei, nem desgostei” e “desgostei ligeiramente” ao final do armazenamento (Figura 30). As outras formulações (F1 e F3) mantiveram-se constantes durante os 120 dias de armazenamento, com médias entre os termos “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”.

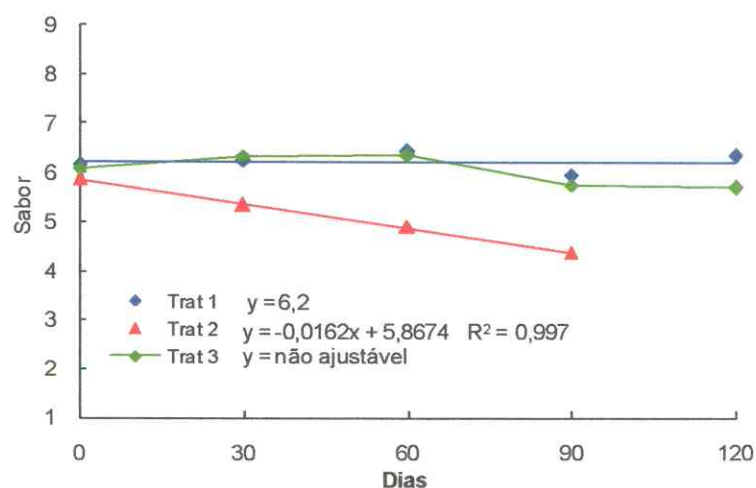
Figura 30 – Valores do atributo sensorial aceitação global das bebidas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$)



Na avaliação do atributo sabor verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) nos valores atribuídos em função do tempo de armazenamento, no entanto, não foi possível ajustar os dados a nenhum modelo testado até o modelo cúbico para a formulação F3 e ajustando-se ao modelo linear para a formulação F2. O valor médio para formulação F1 durante o período de 120 dias situou-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”.

Observando a figura 31, percebe-se que a formulação F2, no tempo zero, manteve a média sensorial próxima às outras duas formulações F1 e F3, mas que com o passar do tempo houve uma oxidação do ômega-3 conferindo-a um sabor estranho.

Figura 31 – Valores do atributo sensorial sabor das bebidas de caju e araçá-boi durante o período de 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$)



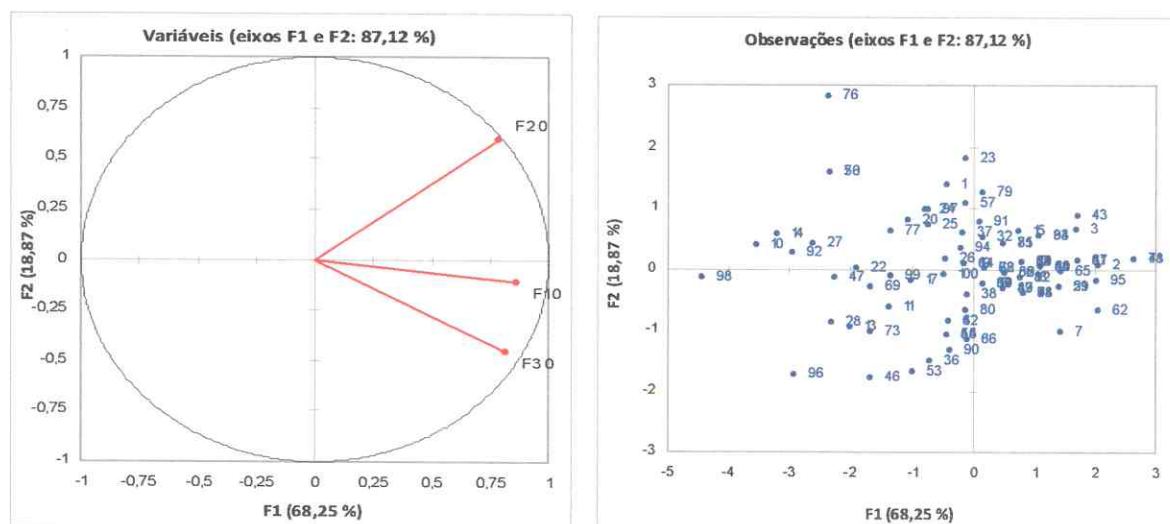
3.4.3 Mapa de Preferência Interno

O Mapa de Preferência Interno (MPI) é uma Análise de Componentes Principais (ACP) na matriz de dados, consistindo de amostras ou produtos (objetos) e consumidores (variáveis), do mesmo modo que ACP, o MPI identifica a maior fonte de variação e extrai estas como componentes. O resultado é um mapa de amostra e um mapa de consumidor, correspondendo, respectivamente, aos escores e às cargas da ACP (HELGENSEN; SOLHEIN; NAES, 1997). O número relativo de consumidores no segmento reflete a variação dentro da categoria do produto, mas esta varia dependendo do tipo de produto (WESTAD; HERSLETH; LEA, 2004).

O Mapa de Preferência Interno foi construído a partir dos dados hedônicos obtidos pelos 100 consumidores que expressaram as suas preferências individuais com relação a cada uma das três formulações, gerando um espaço multidimensional representado por dimensões que explicam a variação total das respostas. Os dados de cada provador foram representados como um ponto no espaço, indivíduos com similaridade em uma ou mais propriedades que se encontram próximas. As cargas (“loadings”) das variáveis (amostras) estão representadas por vetores vermelhos nas Figuras 32 a 34. A concentração de consumidores na região da amostra indica maior ou menor aceitação.

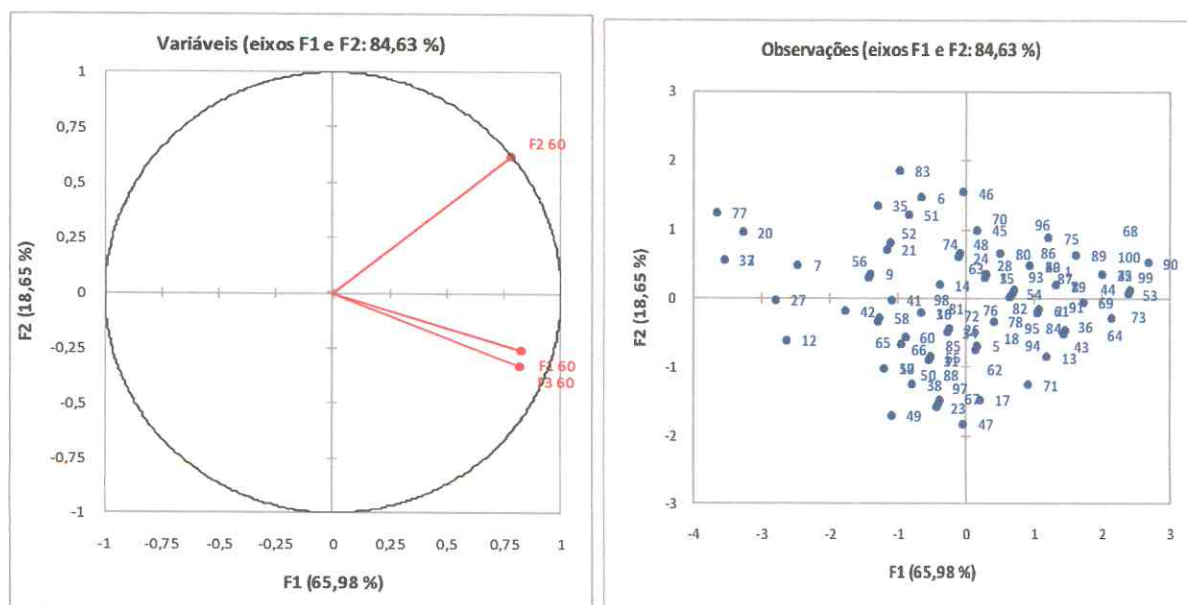
Analisando o Mapa de Preferência Interno para o tempo zero, observa-se que foram geradas, em espaço multidimensional, as coordenadas relativas ao produto que, por sua vez, foram formadas de acordo com as respostas dos provadores. O mapa da Figura 32 foi gerado por meio dos Componentes Principais (CP-1, CP-2), explicou em conjunto 87,12% de variação para a aceitação global das amostras, onde, o primeiro componente principal explicou 68,25% e o segundo explicou 18,87% de variação. Observa-se que um pequeno grupo se formou próximo às formulações, porém a maioria dos provadores não preferiu nenhum das bebidas.

Figura 32 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo zero dias.



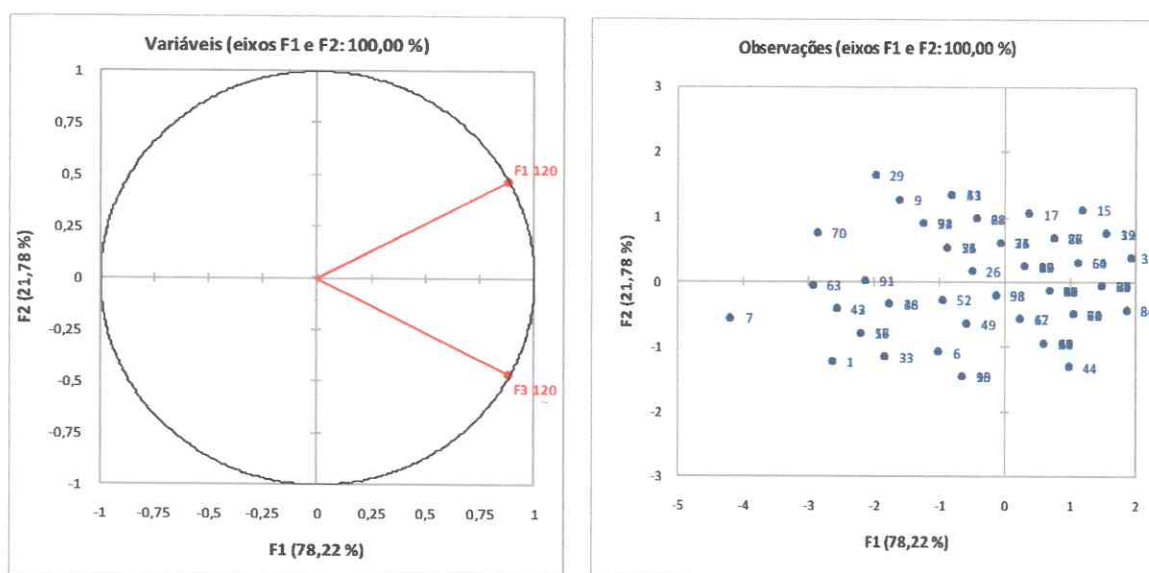
Para o tempo 60 dias de armazenamento, observa-se que os dois primeiros (CP-1 e CP-2) juntos explicaram 84,63% de variação de aceitação. Observa-se que as formulações F1 e F3 localizadas no segundo quadrante, estão em posições muito próximas, indicando que estas não diferem entre si quanto à aceitação pelos consumidores, porém opostas a F2. Levando em consideração a formulação F3 que foi preparada com ômega-3 encapsulado, nota-se que não houve uma diferença entre ela e a F1, concluindo-se que a encapsulação foi eficiente para retirada de odores característicos do ômega-3 (Figura 33).

Figura 33 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo 60 dias.



Com relação ao tempo 120 dias de armazenamento, a análise de componentes principais explicou juntos 100% de variação de aceitação para o atributo em questão entre as duas formulações (Figura 34). Observa-se que formou um grupo grande no centro, não sendo nenhuma das formulações preferidas pelos provadores.

Figura 34 - Mapa de Preferência Interno, do atributo aceitação global, para as bebidas mistas de caju e araçá-boi, no tempo 120 dias.



3.4.4 CATA

Dos 22 termos descritivos, 17 foram utilizados para descrever as bebidas mistas de caju e araçá-boi pelo menos uma vez durante os 120 dias de armazenamento. Os termos “pálida”, “aroma doce”, “cheiro de caldo de cana”, “gosto de fruta madura” e “suco amargo” não foram situados nenhuma vez pelos provadores. O termo “coloração amarela” foi retirado da avaliação, porque foi marcado com a mesma intensidade para todas as amostras. As características que mais foram pontuadas por todos os provadores foram coloração amarela, partículas em suspensão e gosto ácido (Tabela 8).

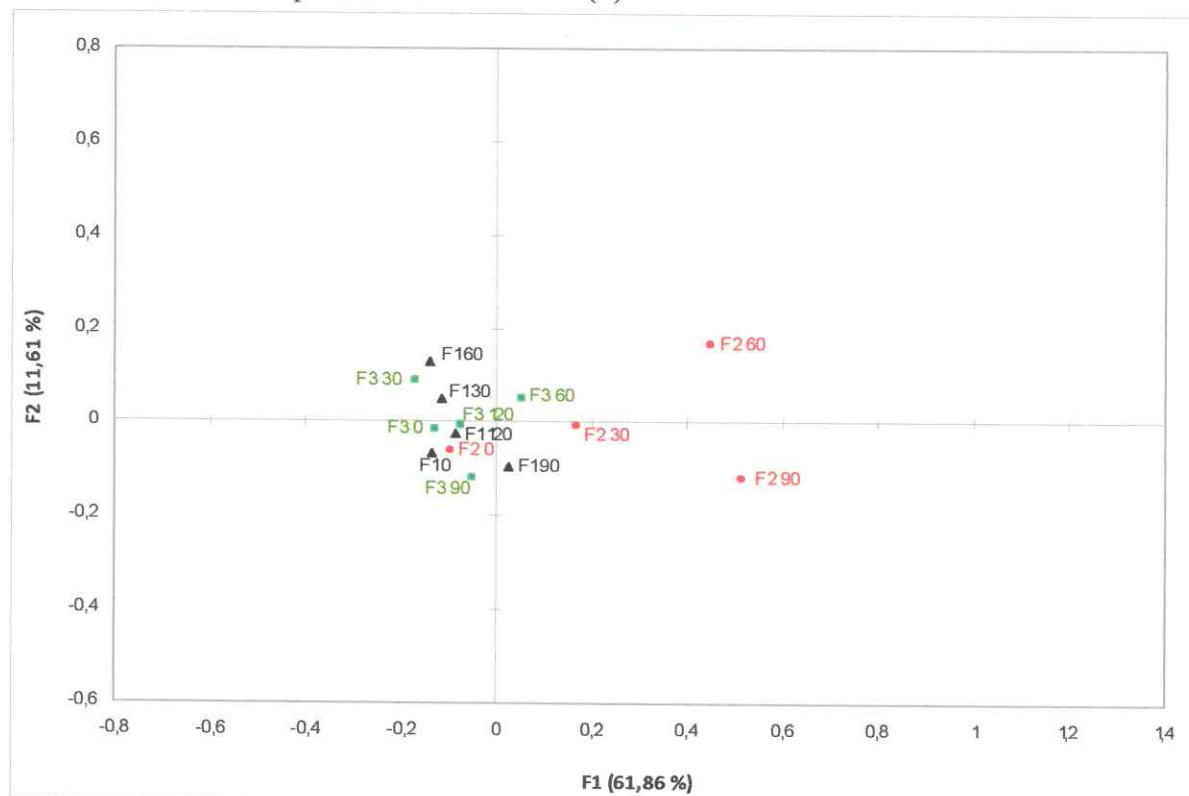
Em estudo realizado por Cruz *et al.* (2013), 5-6 termos, de um total de quinze termos apresentado aos consumidores, foram usados para descrever os iogurtes: cor rosa e presença de bolhas, com 45 e 46 citações, respectivamente.

Quase todos os descritores levantados pelos provadores, com exceção dos termos “sabor de caju”, “sabor de fruta” e “sabor estranho”, apresentaram uma igualdade durante todo o período avaliado para as três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi. Percebe-se que a frequência de descritos de “aroma de caju”, “sabor de fruta” e “sabor de caju” para a formulação F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) é inversamente correlacionado ao termo “sabor estranho”, provavelmente devido à adição do ácido graxo poliinsaturado 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico.

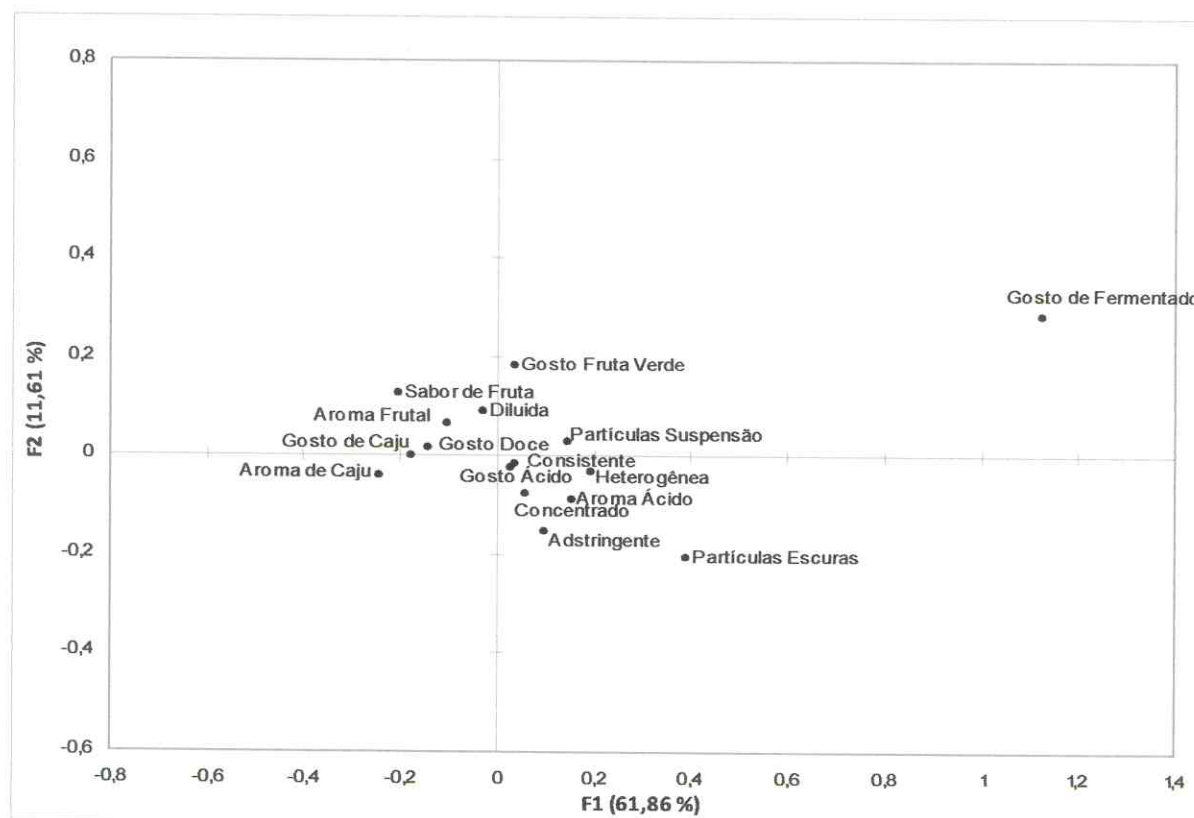
Observa-se na figura 35 (A e B), que as formulações F1 e F3 durante os 120 dias de armazenamento encontram-se sempre próximos entre si e aos termos de melhor características para esse tipo de produto, já a formulação F2 no primeiro tempo também se encontrou próximo a F1 e F3, mas com o passar do tempo de armazenamento passou a se distanciar dessas características aproximando-se das características “aroma ácido” e “gosto estranho”, podendo relacionar ao ácido graxo poliinsaturado ômega-3 adicionado.

Percebe-se que o encapsulamento do ácido graxo poliinsaturado pode ser uma alternativa para melhorar a característica sensorial da bebida, já que a formulação F3 apresentou as mesmas características da formulação F1 (sem adição de ácido graxo ômega-3), tais como “gosto de caju”, “aroma de caju” e “aroma frutal”, tornando imperceptível o “aroma de peixe” durante os 120 dias de armazenamento.

Figura 35 - Representação das três bebidas mistas de caju e araçá-boi durante os 120 dias de armazenamento e (A), e os termos utilizados para descrever as amostras (B).



(A)



(B)

Nota-se que para os tempos zero e 120 dias para as formulações F1 (bebida mista de caju e araçá-boi) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado) encontram-se em uma região de características aceitáveis pelos provadores, apresentando médias de aceitação global 6,3 e 6,1, para o tempo 0 e 6,4 e 5,9 para o tempo de 120 dias de armazenamento para as formulações F1 e F3, respectivamente. Enquanto que para os tempos 30, 60 e 90 dias houve um afastamento dessas características. Isso pode ser explicado levando em consideração que no tempo zero a formulação 2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) mantinha as mesmas características das demais e que no tempo 120 dias esta foi retirada da avaliação sensorial devido à não aceitação, o que nos outros tempos esta amostra poderia ter atrapalhado a aceitação sensorial (Figura 35B).

A figura 35 (A e B) mostra o mapa sensorial obtido pelo CATA.

3.5 Avaliações Microbiológicas

Na avaliação da qualidade microbiológica realizada nesta pesquisa, através do teste de esterilidade comercial, verificou-se que o tratamento térmico foi suficiente para eliminar a contaminação microbiana. As garrafas estocadas por 10 dias em estufa B.O.D permaneceram intactas. Não foi constatado crescimento de Clostrídios butíricos/anaeróbios facultativos, *B. coagulans*, bolores e leveduras e bactérias ácido-láticas nas formulações analisadas.

A qualidade microbiológica do produto indicou que as condições higiênico-sanitárias de processamento foram satisfatórias. O tratamento térmico realizado foi eficiente para a esterilidade comercial dos produtos, podendo ser os mesmos armazenados a temperatura ambiente.

De acordo com Foyet e Tchango-Tchango (1994), acidez em produtos como o suco de maracujá inibiu a proliferação de microorganismos patogênicos. Estes produtos não continham *E. coli* patogênica, ou *Streptococcus aureus*, mas podiam conter microorganismos como fungos não patogênicos, leveduras e bactérias lácticas.

Devido às suas propriedades físico-químicas, como baixo pH, altos conteúdos de açúcares e a presença de preservativos químicos adicionados, os sucos de frutas permitem apenas o desenvolvimento de microorganismos deteriorantes, como fungos filamentosos, leveduras e bactérias ácido-tolerantes como bactérias lácticas e, menos frequentemente, bactérias acéticas e espécies de *Zymomonas*. Ocasionalmente, bactérias patogênicas podem sobreviver nos sucos de frutas por certo período de tempo, que pode ser de algumas horas ou

poucos dias, porém não ocorre desenvolvimento e após certo tempo, a população diminui significativamente (JAY; ANDERSON, 2001; HOCKING; JENSEN, 2001).

4 CONCLUSÕES

As bebidas mistas de caju e araçá-boi apresentaram pouca variação para os parâmetros químicos e físico-químicos avaliados ao longo do armazenamento.

O tratamento térmico aplicado foi suficiente para garantir a esterilidade comercial das bebidas.

Os atributos sensoriais apresentaram variação discreta ao longo do armazenamento, com exceção da bebida mista de caju e araçá adicionada de ômega-3 não encapsulada. Esse fato era esperado, pelo aparecimento de sabor estranho com o armazenamento pelo sabor característico do ômega-3 oxidado. Já a bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega 3 encapsulado apresentou um comportamento sensorial semelhante a bebida sem adição do ômega-3, concluindo que o encapsulamento pode ser uma forma eficiente de mascarar o sabor estranho.

A utilização do mapa de preferência interno através da análise de componentes principais confirmou os resultados obtidos da frequência e notas e teste de médias.

A análise do CATA também confirmou a preferência dos provadores pelas formulações F1 (bebida mista de caju e araçá-boi) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado), não observando uma diferença entre as amostras, mas a formulação F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) foi se afastando das características aceitáveis pelos provadores.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 197-203, 2011
- ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In 7th Pangborn Sensory Science Symposium, Minneapolis, USA, 2007.
- AGUIAR, N. M. O. **Obtenção, Caracterização e Avaliação da Estabilidade de Bixina Nanoencapsulada**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Ceará. 2013
- APHA. DOWNES, F. P.; ITO, K. [ed.]. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676p.
- ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SOUZA-SOARES, L. A. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, 2012.
- ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SOUZA-SOARES, L. A. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, 2012.
- BARRETO, G. P. M. *et al.* Compostos bioativos em sub-produtos de castanha de caju. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 2, p. 207-213, abr./jun. 2007.
- BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: trends and technologies. **Trends in Food Science & Technology**. v. 22, p. 498–508, 2011
- BONOMO, R. C. F.; CARNEIRO, J. C. de S.; BATISTA, S. A.; PIRAJÁ, D. C. R.; FONTAN, R. da C. I.; CARVALHO, B. M. A. de; COSTA, A. M. G.; SILVA, A. A. L. da. Desenvolvimento e avaliação sensorial de um “mix” de polpa congelada à base de caju (*Spondias mombim* L.) e graviola (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, n.1, v.8, p.11-15, 2006.
- BORGOGNA, M.; BELLICH, B.; ZORZIN, L.; LAPASIN R.; CESÀRO, A. Food microencapsulation of bioactive compounds: rheological and thermal characterisation of non-conventional gelling system. **Food Chemistry**, v. 122, p. 416- 423, 2010.
- CARNEIRO, J. D. S. REIS, R. C.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. C. S.; REGAZZI, A. J.; COIMBRA, J. S. R.; MINIM, L. A. Avaliação sensorial e mapa de preferência interno de marcas comerciais de refrigerante sabor guaraná. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 279-292, jul./dez. 2003.
- CAVALCANTE, A. A. M.; RUBENSAM, G.; PICADA, J. N.; SILVA, E. G.; MOREIRA, J. C. F.; HENRIQUES, J. A.P. Mutagenicity, Antioxidant Potencial, and Antimutagenic

Activity Against Hydrogen Peroxide of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Apple Juice and Cajuína. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v.41, p.360-369, 2003.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**. v. 44, p. 2047–2053, 2011.

CRUZ, A.G.; CADENA, R. S.; CASTRO, W. F.; ESMERINO, E. A.; RODRIGUES, J. B.; GAZE, L.; FARIA, J. A. F.; FREITAS, M. Q.; DELIZA, R.; BOLINI, H. M. A. Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. **Food Research International**, v. 54, p. 601-610, 2013.

CUNHA, P. L. R.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, 2009.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, v. 23, p. 1361–1394, 2005.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 11, n. 2, p.103-112, 2008.

FERNANDES, A. G. **Utilização de métodos multivariados na avaliação sensorial de bebidas de goiaba, caju e cajá adoçadas com diferentes edulcorantes**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. 2013

FOYET, M., TCHANGO-TCHANGO, J. Transformation de la goyave et de la grenadille extraction de pulpe, formulation et conservation de nectars. **Fruits**, Paris, v. 49, n. 1, p. 61-70, 1994.

FREDRIKSSON, S.; ELWINGER, K.; PICKOVA, J. Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formulán for laying hens. **Food Chemistry**, v. 99, n. 3, p. 530–537, 2006.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; BRASIL, I. M.; PINHEIRO, A. M. Storage stability of acerola tropical fruit juice obtained by hot fill method. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 1216-1221, 2006.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Amsterdam, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GOUIN, S. Micro-encapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 330–347, 2004.

HAWKES, C.; BLOUIN, C.; HENSON, S.; DRAGER, N.; DUBÉ, L. Trade, Food, Diet and Health: Perspectives and Policy Options. **Wiley-Blackwell**, Oxford. 2010.

HELGENSEN, H.; SOLHEIN, R.; NAES, T Consumer preference mapping of dry fermented lamb sausages. **Food Quality and Preference**, Inglaterra, v. 8, n. 2, p. 97-109, mar. 1997.

HIBBELN, J. R.; NIEMINEN, L. R. G.; BLASBALG, T. L.; RIGGS, J. A.; LANDS, W. E. M. Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids. Estimations considering worldwide diversity. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. Suppl., p. 1483-1493, 2006.

HOCKING, A.D.; JENSEN, N. Soft drinks, cordials, juices, bottled water and related products. In: **Spoilage of Processed Foods: causes and Diagnosis**. MOIR, C.J.; ANDREWS-KABILAFKAS; ARNOLD, G.; COX, B.M.; HOCKING, A.D.; JENSEN, I. AIFST Inc. (NSW Branch), Food Microbiol. Group, 2001. p. 93-100.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; BHANDARI, B. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying, **Drying Technology**, Nova Iorque, v. 26, p. 816-835, 2008.

JAY, S.; ANDERSON, J. Fruit juice and related products. In: **Spoilage of Processed Foods: causes and Diagnosis**. MOIR, C.J.; ANDREWS-KABILAFKAS; ARNOLD, G.; COX, B.M.; HOCKING, A.D.; JENSEN, I. AIFST Inc. (NSW Branch), **Food Microbiology Group**, 2001. p. 187-198.

KAMATH, V.; RAJINI, P. S. The efficacy of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) skin extract as a free radical scavenger. **Food Chemistry**, Chicago, v. 103, n. 2, p. 428-433, 2007.

KLAYPRADIT, W.; HUANG, Y. W. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 41, n. 6, 2008.

KOZUBEK, A. *et al.* Natural amphiphilic phenols as biofungicides. **Cell. Mol. Biol.**, Noisy le Grand, v. 6, p. 351-355, 2001.

KUBO, I.; OCHI, M.; VIEIRA, P. C. Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 6, p. 1012-1015, 1993.

KUBO, J.; LEE, J. R.; KUBO, I. Anti-*Helicobacter pylori* Agents from the Cashew Apple. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 47, v. 2, p. 533 - 537, 1999.

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**, London, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, Apr. 1997.

LEMAHIEU, C.; BRUNEEL, C.; TERMOTE-VERHALLE, R.; MUYLEAERT, K.; BUYSE, J.; FOUBERR, I. Impact of feed supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of eggs of laying hens. **Food Chemistry**, n. 141, p. 4051-4059, 2013.

LIU, Z.; JIAO, Y.; WANG, Y. Polysaccharides-based nanoparticles as drug delivery systems. **Advanced Drug Delivery**, v. 60, p. 1650-1662, 2008.

MacFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H., **Preference Mapping and Multidimensional Scaling**. In: PIGGOT J.R., ed. *Sensory Analysis of Foods*, 2nd ed., Elsevier, London, 1988. 389p.

MacFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

McMANUS, A.; HOWIESON, J.; NICHOLSON, C. **Review of literature and resources relating to the health benefit of regular consumption of seafood as part of a healthy diet [090101]**. Perth: Centre of Excellence for Science, Seafood and Health, Curtin Health Innovation Research Institute, Curtin University of Technology, 2009

MARTIN, A. N. **Physical pharmacy: Physical chemical principles in the pharmaceutical sciences**. Ed. Lea & Febiger, USA, 1993

MATSUNO, R.; ADACHI, S. Lipid encapsulation technology - techniques and applications to food. **Trends in Food Science and Technology**, v. 4, n. 8, p. 256-261, 1993.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L.; FERREIRA, D. C. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 604-608, 2004.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 138-141, 2002

NERI-NUMA, I. A., CARVALHO-SILVA, L. B., MORALES, J. P., MALTA, L. G., MURAMOTO, M. T., FERREIRA, J. E. M., CARVALHO, J. E., RUIZ, A. L. T. G., JÚNIOR, M. R. M., PASTORE, G.M. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh — Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, p. 70-76, 2013.

NÖTHLINGS, U.; MURPHY, S. P.; WILKENS, L. R.; HENDERSON, B. E.; KOLONEL, L. N. Flavonols and pancreatic cancer risk e the multiethnic cohort study. **American Journal of Epidemiology**, v. 166, n. 8, p. 924-931, 2007.

PAULA, H. C. B.; SOMBRA, F. M.; ABREU, F. O. M. S. DE PAULA, R. C. M. Preparação e caracterização de nanopartículas de goma de angico e quitosana contendo óleo essencial de *Lippia sidoides*. **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Foz do Iguaçu. 2009.

PEREIRA, A. V. *et al.* Efeitos antimicrobianos e genéticos de extratos vegetais sobre plasmídios de resistência a antibióticos em microorganismos de origem bovina. **Rev. Bio. Farm.**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 1983-4209, 2010.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, P. J. Hedonic scale method for measuring food preferences. **Food Technology**, Chicago, v. 11, n. 9, p. 9-14, 1957.

- PINHEIRO, M. S. **Avaliação da atividade antimicrobiana e citoprotetora gástrica dos extratos de mangaba, caju e própolis vermelha**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2009.
- PLAEHN, D. CATA penalty/reward. **Food Quality and Preference**, v. 24, p. 141–152, 2012.
- REBELLO, L. P. G. ; RAMOS, A. M. ; VIEIRA, C. F. S. ; OLIVEIRA, A. N. ; SACRAMENTO, C. K. . Aceitabilidade sensorial do néctar misto de araçá-boi com manga ubá. **Higiene Alimentar**, v. 25, p. 1357-1359, 2011
- REDDY, C. V. K; SREERAMULU, D; RAGHUNATH, M. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. **Food Research International**, v. 43, p. 285–288, 2010.
- RIEDIGER, N. D.; OTHMAN, R. A.; SUH, M.; MOGHADASIAN, M. H. A systematic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 109, n. 4, p. 668–679, 2009.
- RODRIGUES, J. F.; DE PAULA, R. C. M.; COSTA S. M. O. Métodos de Isolamento de Gomas Naturais: Comparação Através da Goma do Cajueiro (*Anacardium occidentale* L). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. 1993
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; JIMÉNEZ, J. P.; CALIXTO, F. S. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p. 996–1002, 2010.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMÉNEZ, J. P.; SAURA- CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Comunicado Técnico**, 125. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical 2006.
- RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMENEZ, 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.
- RUXTON, C. H. S.; DERBYSHIRE, E. Latest evidence on omega-3 fatty acids and health. **Nutrition and Food Science**, v. 39, n. 4, p. 423–424, 2009.
- SARUBBO, L. A.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; PORTO, A. L. F.; TAMBOURGI, E. B.; OLIVEIRA, L. A. A goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) como sistema inovador de extração líquido-líquido. **Exacta**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 145-154, 2007.
- SANTOS, A. B., FERREIRA, V. P., GROSSO, C. R. F. Microcápsulas: Uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis à oxidação óleo-resina de páprica. **Biociência, Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, n. 16, p. 26-30, 2000.
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide: version 9.1, Cary, NC: SAS Institute, 2006.

SILVA, R. A.; DIHL, R. R.; SANTOS, D. N.; ABREU, B. R. R.; LIMA, A. L.; ANDRADE, H. H. R.; LEHMANN, M. Evaluation of antioxidant and mutagenic activities of honey-sweetened cashew apple nectar. **Food and Chemical Toxicology**, v. 62, p. 61–67, 2013.

SILVA, R. A.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, M. C. P.; FONSECA, A. V. V.; SOUSA, P. H. M.; CARVALHO, J. M. Néctar de caju adoçado com mel de abelha: desenvolvimento e estabilidade. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 348-354, 2008.

SOUSA, P. H. M. **Desenvolvimento de néctares mistos de frutas tropicais adicionados de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng***. 2006. 134f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; AZEREDO, H. M. C.; SOUZA FILHO, M. S. M.; GARRUTI, D. S.; FREITAS, C. A. S. Mixed tropical fruit nectars with added energy components. **International Journal Food Science Technology**, v. 42, n. 11, 1290-1296, 2007.

SOUZA, A.S.N. Influência dos aditivos químicos na determinação da atividade antioxidante total em suco tropical de acerola. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). 75f. Universidade Federal do Ceará, 2013.

SOUZA, A. S.; SOUSA, P. H. M.; SACRAMENTO, C. K.; FERREIRA, A. A.; MAIA, G. A. Padrões de Identidade e Qualidade de Néctares Mistos com diferentes proporções de araçá-boi e caju. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2010, Salvador. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2010.

SOUZA FILHO, M. S.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BORGES, M. F.; MOURA, C. F. H. Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região norte e nordeste do Brasil: estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 139-143, 2002.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, Academic Press, San Diego, CA, 1993. 308p.

TAKACHI, R.; MANAMI, I.; JUNKO, I.; NORIE, K.; MOTOKI, I.; SHIZUKA, S.; HIROYASU, I.; YOSHITAKA, T.; SHOICHIRO, T. Fruit and vegetable intake and risk of total cancer and cardiovascular disease Japan public health center-based prospective study. **American Journal of Epidemiology**, v. 167, n. 1, p. 59-70, 2007.

TALCOTT, S. T.; HOWARD, L. R. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 5, p. 2109-2115, 1999

VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; REIS, R. C.; FONSECA, M. D.; SACRAMENTO, C. K. Caracterização Físico-química e Sensorial de Geléia de Mamão com Araçá-boi. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012.

WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P. Strategies for consumer segmentation with applications on preference data. **Food Quality Preference**, Inglaterra, v. 15, n. 7-8, p. 681-687, 2004.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, R. L. **Industrial gums: polysaccharides and their derivatives**. 3 ed. Nova Iorque: Academic press, 1993 , cap.1.

XLSTAT (2012). **XLSTAT-PRO User's Guide**, version 5.01. Addinsoft Inst Inc, NY, USA.

CAPÍTULO III

BIOACESSIBILIDADE DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS BEBIDAS MISTAS DE CAJU E ARAÇÁ-BOI

1 INTRODUÇÃO

Em termos de nutrição não é suficiente determinar apenas o conteúdo total de nutrientes de determinado alimento, mas também conhecer a bioacessibilidade, ou seja, a quantidade absorvida e utilizada pelo organismo (LIMA, 2013).

A biodisponibilidade é definida como a quantidade de um constituinte alimentar que está presente no intestino, como uma consequência do lançamento deste constituinte da matriz de alimentos sólidos, e podem ser capazes de passar através da barreira intestinal.

O termo biodisponibilidade é utilizado para indicar a proporção da substância que passa para a circulação sistêmica após a administração oral, e atinge o local de ação biológico (RANG *et al.*, 2003), levando em consideração tanto a absorção, quanto a degradação metabólica local.

Já em 1984, O'Dell referia-se à biodisponibilidade como a proporção do nutriente nos alimentos que é absorvida e utilizada nos processos de transporte, assimilação e conversão à forma biologicamente ativa (COZZOLINO, 2009).

Muitas vezes, os termos biodisponibilidade e bioacessibilidade são utilizados indistintamente, mas é importante salientar que a biodisponibilidade inclui conceitos de bioatividade, bem como bioacessibilidade. Bioacessibilidade tem sido definida como a fração de um composto que é liberado de sua matriz no trato gastrointestinal e que, portanto, torna-se disponível para absorção intestinal (GIORI, 2010).

Os testes de bioacessibilidade *in vitro* baseiam-se na fisiologia do trato gastrointestinal e simulam as condições da digestão humana. No lugar da saliva e dos sucos gástrico e duodenal naturais, são usadas soluções artificiais que simulam o meio de cada um dos compartimentos digestivos (BOSSO; ENZWEILER, 2008), tornando um composto, que é liberado a partir da matriz do alimento, disponível para absorção no intestino (RAMOS; CABRERA; SAADOUN, 2012).

Vários fatores como forma química do mineral no alimento, ligantes dos alimentos, atividade redox em componentes do alimento, interações entre os minerais e o estado fisiológico do indivíduo interferem na sua biodisponibilidade (FENNEMA, 2008).

Para verificar a biodisponibilidade de forma precisa, são necessários estudos cuidadosos e rigorosamente controlados em humanos. Porém, esse tipo de análise apresenta valor elevado, são trabalhosas, demoradas, complexas, necessitando de grandes equipes e um grande número de voluntários para obter-se significância estatística (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010; NETZEL *et al.*, 2011).

Uma alternativa é a determinação preliminar da bioacessibilidade através de técnicas *in vitro*, uma vez que são mais rápidas, seguras e não têm as mesmas restrições éticas como métodos *in vivo*, além de apresentarem alta precisão, boa reprodutibilidade e permitem a análise de um grande número de amostras (FERNÁNDEZ-GARCIA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVES, 2009; YOU *et al.*, 2010; MOREDA-PIÑEIRO *et al.*, 2011). Estudos para avaliar a bioacessibilidade são importantes, pois a digestão e absorção envolvem diversas etapas, que podem causar diferentes efeitos nos nutrientes (FERNÁNDEZ-GARCIA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVES, 2009).

O método *in vitro* desenvolvido por Miller *et al.* (1981), em particular, tem sido amplamente utilizados por fornecer medidas de disponibilidade que se correlacionam bem com os estudos *in vivo*.

Essa bioacessibilidade tem sido avaliada em função dos teores dos analitos presentes nos extratos das digestões gástricas e intestinais, na forma mineral absorvível pelo organismo. Embora haja relatos de vários fatores que possam afetar a absorção dos nutrientes, tem sido considerado biodisponível a fração dialisável (ou solúvel) que teoricamente, está disponível ao organismo (RABINOVICH *et al.*, 2007; KULKARNI *et al.*, 2007; PEDRERO *et al.*, 2006; HEMALATHA; PLATEL; SRINIVASAN, 2007).

Os estudos *in vitro* simulam as condições fisiológicas e os eventos que ocorrem durante a digestão no trato gastrointestinal humano, levando em consideração as três áreas do sistema digestivo (boca, estômago e intestino). Os principais fatores da simulação gastrointestinal *in vitro* são a temperatura, velocidade de agitação e a composição química e enzimática da saliva e dos sucos gástrico, duodenal e biliar (WITTSIEPE *et al.*, 2001).

Há poucos estudos na literatura avaliando a biodisponibilidade e a bioacessibilidade de bebidas mistas durante o período de armazenamento. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi determinar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos e atividade antioxidante total de bebidas mistas de caju e araçá-boi durante o período de armazenamento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Para a realização do trabalho foram utilizados como matérias-primas bebidas mistas de caju e araçá-boi elaborados a partir de polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) fornecidos por uma empresa localizada próxima à cidade de Fortaleza e os frutos do araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp.) foram coletados na Fazenda Ouro Verde, localizada na Vila Brasil no distrito de Una na região sul da Bahia e ácido graxo poliinsaturado foi obtido do óleo vegetal de algas (*Schizochytrium* sp.) da marca Martek DHA-S fornecida por uma indústria localizada em Pacajus-CE.

As bebidas foram elaboradas a partir de formulação otimizada de bebida mista de caju e araçá-boi, contendo de 10 a 30% de polpa e proporção de 1:3 (aráçá-boi:caju) e sólidos solúveis totais padronizados em 11°Brix. Sendo a formulação contendo 28% de polpa e com proporção de cada polpa 1:2 (aráçá-boi:caju) (18,6% de caju e 9,3% de araçá-boi), a mais bem aceita e utilizada nas três formulações. Partindo da formulação escolhida, foram processadas três diferentes bebidas, sendo F1 (bebida mista de caju e araçá-boi); F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado com goma de cajueiro). A quantidade de ômega-3 seguiu a indicação pela ANVISA para alimentos com alegações de propriedades funcionais, a qual recomenda 0,1g de EPA (Ácido Eicosapentaenóico) ou DHA (Ácido Docosahexaenóico) na porção ou em 100g ou 100 mL do produto pronto para consumo (ANVISA, 2013).

2.2 Metodologia

2.2.1 Digestão Gastrointestinal simulada in vitro (Teste de Bioacessibilidade) nas três formulações de bebidas de caju e araçá-boi

As digestões com fluido gástrico simulado e também com fluido intestinal simulado foram preparados de acordo com a Miller *et al.* (1981).

A simulação da digestão gastrointestinal foi feita com pepsina solubilizada em HCl 0,1 mol L⁻¹ durante a fase gástrica e sais de bile-pancreatina, solubilizada com NaHCO₃

0,1 mol L⁻¹ na fase intestinal. A solução de pepsina foi preparada dissolvendo 8 g de pepsina em 50 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹. A solução de pancreatina e sais de bile foi preparada pela dissolução de 0,5 g de pancreatina e 3,13 g de extrato de bile em 125 mL de NaHCO₃ 0,1 mol L⁻¹. Adicionou-se a 40 g de cada formulação de bebida mista de caju e araçá-boi, acrescentaram-se 100 mL de HCl 0,01 mol L⁻¹ e ajustou-se o pH para 2 com solução de HCl 2 mol L⁻¹. Após o ajuste do pH, adicionou-se 3,2 mL de pepsina no meio, agitou-se em banho termostatizado a 37° C durante 2 horas. Essa etapa simula a digestão do alimento que ocorre no estômago.

Ao final da primeira etapa de 2 horas de digestão, 20 g do digerido de pepsina foi pesado em triplicata sendo uma delas utilizada para o procedimento de titulação e as outras para a diálise. Para o procedimento de titulação, 5 mL de solução de pancreatina e sais de bile foram adicionados aos digeridos de pepsina de cada amostra que, em seguida, foram tituladas com solução 0,5 mol L⁻¹ de NaOH até pH 7,5 para simular o valor de pH encontrado no meio intestinal de um indivíduo. A diálise foi realizada durante duas horas em sacos de diálise contendo NaHCO₃ 0,1 mol L⁻¹ equivalente à acidez titulável. NaHCO₃ 0,1 mol L⁻¹ foi utilizado no interior da membrana de diálise, pois a mesma deve estar em meio tamponado para que, durante o processo de diálise, não ocorra mudança brusca de pH e precipitação das proteínas. Após o ajuste do pH, adicionou-se as membranas de diálise e agitou-se em banho termostatizado a 37° C durante 30 minutos, após isso adicionaram-se 5,0 mL da solução de pancreatina e sais de bile no meio e agitou-se em banho termostatizado a 37° C durante 2 horas. Essa etapa simula a digestão do alimento que ocorre no intestino. Ao final desta etapa de 2 horas de digestão, o conteúdo da membrana chamado de dialisado, foi retirado e as amostras foram armazenadas sob refrigeração até o instante das análises.

Essas digestões foram feitas nas três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi para avaliar os compostos fenólicos e a atividade antioxidante total presentes nas amostras, após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro*, logo após o processamento e com 120 dias de armazenamento.

2.2.2 Determinação dos teores de polifenóis e da atividade antioxidante total antes e após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro* nas bebidas mistas de caju e araçá-boi.

2.2.2.1 Compostos fenólicos

Dez gramas da amostra foram pesadas e, realizada uma primeira extração com 20 mL de etanol 50% durante 60 minutos, protegida da luz. Em seguida, o material obtido foi centrifugado em centrífuga *Hettich*, modelo Rotina 380R, a 1.509,30 g (10.000 rpm) durante 15 min e o sobrenadante foi recuperado. Após a centrifugação, o sobrenadante obtido foi filtrado para um balão de 50 mL protegido da luz. Ao resíduo resultante da centrifugação adicionou-se 20 mL de acetona 70%, sendo o sistema deixado em repouso durante 60 minutos e, em seguida, centrifugado. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 50 mL, aferindo-o com água destilada, obtendo-se assim o extrato.

Os polifenóis extraíveis totais foram determinados por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), através de leitura dos extratos obtidos conforme descrição neste item, em espectrofotômetro de marca SHIMADZU, modelo UV- 1800 a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg ácido gálico equivalente (AGE)/100g.

Para a determinação dos polifenóis totais após digestão gastrointestinal simulada, o conteúdo da membrana chamado de dialisado, conforme descrito no item 2.2.1, foi analisado conforme metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), através de leitura em espectrofotômetro de marca SHIMADZU, modelo UV- 1800 a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg ácido gálico equivalente(AGE)/100g.

A porcentagem bioacessível foi calculada de acordo com Briones-Labarca *et al.*, (2011):

$$\% \text{Bioacessível} = 100 \times (F/G) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde F é o conteúdo de compostos fenólicos dialisável (mg AGE/100 g) e G corresponde ao teor de compostos fenólicos totais da amostra (mg AGE/100g).

2.2.2.2 Atividade Antioxidante Total.

Foi determinada a atividade antioxidante total pelo método ABTS conforme descrito por Rufino *et al.*, (2007).

O extrato utilizado para a análise foi o mesmo obtido para a determinação de polifenóis totais, citado no item 2.2.2.1, através de leitura em espectrofotômetro de marca SHIMADZU, modelo UV- 1800 a 734 nm. Os resultados foram expressos como TEAC - Atividade antioxidante Equivalente ao Trolox (ácido 2-carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano), em $\mu\text{M/g}$ de amostra.

Para a determinação da atividade antioxidante total pelo método do ABTS após digestão gastrointestinal simulada, o conteúdo da membrana chamado de dialisado, conforme descrito no item 2.2.1, foi analisado conforme metodologia descrita por Rufino *et al.*, (2007), através de leitura em espectrofotômetro UV/VIS.

Os resultados foram expressos como TEAC - Atividade antioxidante Equivalente ao Trolox (ácido 2-carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano), em $\mu\text{M/g}$ de amostra.

A porcentagem bioacessível foi calculada de acordo com Briones-Labarca *et al.*, (2011):

$$\% \text{Bioacessível} = 100 \times (H/I) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde H é a atividade antioxidante dialisável ($\mu\text{M/g}$) e I corresponde a atividade antioxidante total da amostra ($\mu\text{M/g}$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Compostos fenólicos

Os valores médios encontrados para os teores de polifenóis totais nas bebidas mistas de caju e araçá-boi antes e após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro*, após o processamento e com 120 dias de armazenamento, encontram-se apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores das médias para os polifenóis totais das três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi: F1 (controle – bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado).

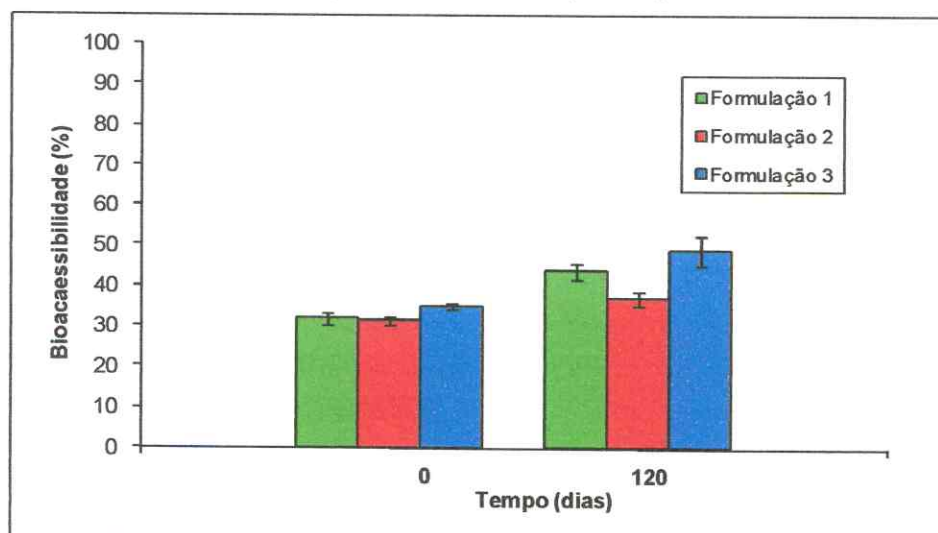
Parâmetros	Formulação					
	F1		F2		F3	
	0 dias	120 dias	0 dias	120 dias	0 dias	120 dias
Polifenóis totais mg AG/100g ⁻¹ (Antes da DGS <i>in vitro</i>)	89,43	84,16	90,24	94,52	80,04	72,32
Polifenóis totais mg AG/100g ⁻¹ (Após a DGS <i>in vitro</i>)	28,78 ± 1,09	36,90 ± 1,62	28,51 ± 1,28	35,20 ± 1,81	28,32 ± 0,38	35,43 ± 2,11
Bioacessibilidade (%)	32,19 ± 1,42	43,86 ± 1,94	31,58 ± 0,97	37,23 ± 1,59	35,40 ± 0,71	48,99 ± 3,55

* Valores da média±desvio padrão. AG: Ácido gálico. DGS: Digestão gastrointestinal simulada *in vitro*.

Neste estudo, observa-se que os teores de compostos fenólicos diminuíram para as três formulações nos tempos zero e 120 dias de armazenamento. O contrário foi observado

após a digestão, onde houve um aumento desses teores, apresentando também um aumento na porcentagem da absorção (Tabela 13 e Figura 36), independente da adição de ácido graxo poliinsaturado ômega-3.

Figura 36 - % de bioacessibilidade de compostos fenólicos totais, no tempo zero e 120 dias de armazenamento.



De acordo com a tabela 13, os teores iniciais totais de polifenóis nas bebidas mistas de caju e araçá-boi foram 89,43 e 84,16 mg de ácido gálico/100g; 90,24 e 94,52 mg de ácido gálico/100g; e 80,04 e 72,32 mg de ácido gálico/100g, para as formulações F1, F2 e F3, nos tempos zero e 120 dias de armazenamento, respectivamente. Este montante foi considerada como 100 % do total de compostos fenólicos para cálculo da recuperação acumulada durante a digestão.

Esta diminuição de polifenóis pode ser atribuída a uma diminuição rápida na estabilidade fenólica sob condições alcalinas suaves alcançados no processo de digestão (BERMÚDEZ-SOTO; TOMÁS-BARBERÁN; GARCÍA-CONESA, 2007).

Lima (2013) encontrou resultados de compostos fenólicos totais de 338,6 mg de ácido gálico/100g para o suco integral antes da digestão gastrointestinal simulada *in vitro*. Valor bastante superior ao encontrado por Vasconcelos (2011) que encontrou 38,3 mg de ácido gálico/100g e 14,84 mg de ácido gálico/100g para suco de caju maduro e suco de caju verde, respectivamente. Também bastante superior a este estudo, no qual se deve levar em consideração a porcentagem de polpa de caju presente no suco que era apenas 18,6%.

Concorda-se com o que relata Figueiredo (2000) ao justificar que plantas diferentes cultivadas em regiões distintas, assim como uso de métodos distintos para a determinação dos citados compostos, explicam em parte as divergências encontradas.

Deve-se considerar que, estruturas polifenólicas que apresentam uma elevada atividade antioxidante *in vitro*, não necessariamente terão esta mesma atividade após a ação das enzimas gastrointestinais durante a digestão (LIMA, 2013).

Para a composição de polifenóis totais após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro*, foram encontrados valores de 28,78 mg de ácido gálico/100g, 28,51 mg de ácido gálico/100g e 28,32mg de ácido gálico/100g respectivamente, para as formulações F1, F2 e F3, para o tempo 0 dias, ou seja, logo após o processamento das bebidas, e 36,90; 35,20 e 35,43 mg de ácido gálico/100g, após 120 dias de armazenamento, conforme pode ser observado na Tabela 13. Isso corresponde a uma absorção de polifenóis acima de 30% para as três bebidas.

Vale ressaltar que até o presente estudo, não há relatos na literatura acerca da bioacessibilidade *in vitro* para o caju ou produtos de caju e araçá-boi.

A taxa de equivalente de ácido gálico a partir das amostras após a digestão gastrointestinal variou de cerca de 30 a 50%, percentuais semelhantes ao encontrado por Lacey *et al.* (2012), no qual encontraram taxas que variaram de 40 a 60% para os polifenóis do chá verde durante digestão humana simulada.

Bouayed, Hoffmann e Bohn (2011), em seu estudo avaliando a bioacessibilidade de compostos fenólicos e atividade antioxidante de maçãs, encontraram percentual bioacessível de cerca de 55% para os compostos fenólicos.

Apenas os polifenóis liberados de matrizes sólidas tornam-se bioacessíveis e estão potencialmente disponíveis para absorção pelo trato gastrointestinal e, por conseguinte, capazes de exercer seus efeitos benéficos no organismo humano (TAGLIAZUCCHI *et al.*, 2010). Outros fatores envolvidos na biodisponibilidade de polifenóis são as transformações (degradação, epimerização, hidrólise e oxidação) sofridas por polifenóis em condições gastrointestinais e interação entre esses compostos e componentes dos alimentos, que pode também modificar a atividade biológica dos compostos fenólicos. Interações entre compostos fenólicos e alguns fatores dietéticos, por exemplo, proteínas e ferro, podem alterar as propriedades biológicas e biodisponibilidade de polifenóis (ARGYRI *et al.*, 2005).

3.2 Atividade Antioxidante Total

Os valores médios encontrados da capacidade antioxidante total nas bebidas mistas de caju e araçá-boi antes e após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro*, encontram-se apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores das médias para a atividade antioxidante total das três formulações de bebidas mistas de caju e araçá-boi: F1 (controle – bebida mista de caju e araçá-boi), F2 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3) e F3 (bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3 encapsulado).

Parâmetros	Formulação					
	F1		F2		F3	
	0 dias	120 dias	0 dias	120 dias	0 dias	120 dias
Atividade antioxidante total (ABTS) ($\mu\text{MTrolox g}^{-1}$) (Antes da DGS <i>in vitro</i>)	2,38	2,51	2,46	2,64	2,46	2,62
Atividade antioxidante total (ABTS) ($\mu\text{MTrolox g}^{-1}$) (Após a DGS <i>in vitro</i>)	1,54 \pm 0,13	2,27 \pm 0,12	1,62 \pm 0,18	2,41 \pm 0,07	1,74 \pm 0,01	2,44 \pm 2,74
Bioacessibilidade (%)	64,75 \pm 1,32	91,06 \pm 10,39	65,81 \pm 5,59	91,74 \pm 1,97	71,00 \pm 3,54	93,37 \pm 4,88

* Valores da média. ABTS: azinobis (3-etilbenzotiazolona-6-ácido sulfônico).

A capacidade antioxidante total obtida pelas bebidas mistas de caju e araçá-boi (tempos = 0 dias e 120 dias) (Tabela 14 e Figura 37) variou de 2,38 - 2,64 e de 1,54 - 2,44 $\mu\text{MTrolox g}^{-1}$, antes e após a digestão, respectivamente, entre as três bebidas formuladas. A porcentagem dos valores bioacessíveis de atividade antioxidante total pelo método ABTS encontrados após a digestão gastrointestinal simulada *in vitro* variou de 64,75-71,02% (tempo zero) e 91,06-93,37% (tempo 120 dias).

Como pode ser observada na Tabela 14, a capacidade antioxidante total aumentou ao longo de todo o período de armazenamento para as três bebidas. O mesmo foi observado por Cilla *et al.* (2011) para as bebidas de frutas (uva, laranja e damasco) ao final de 135 dias de armazenamento. Este fato parece estar relacionada com a melhoria das propriedades antioxidantes, no qual os polifenóis passando por oxidação química ou enzimática pode mostrar maior quando presente na oxidação intermédia do que em estados não-oxidados, devido a um aumento da capacidade de doar um átomo de hidrogênio do grupo hidroxilo para

um radical livre e/ou com a capacidade de suas estruturas aromáticas de apoiar o elétron não emparelhado através de deslocalização em todo o sistema) (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999), e/ou a formação de novos compostos com atividade antioxidante (produtos formados com reação de Maillard durante o armazenamento prolongado possuem fortes propriedades antioxidantes) (LEE, 1992; NICOLI *et al.*, 1999; KLIMCZAK *et al.*, 2007).

Já Lacey *et al.* (2012) estudando a atividade antioxidante após a digestão gastrointestinal de chá verde observou que a atividade antioxidante recuperada foi abaixo de 40%, justificando essa diminuição a uma baixa liberação de polifenóis a partir da matriz e a transformação (degradação, epimerização, hidrólise e oxidação). Afirma ainda que a interação de polifenóis com proteínas envolva uma diminuição em potencial antioxidante.

A falta de dados sobre bebidas mistas (caju e araçá-boi) não permite apropriadas comparações a serem feitas com outros trabalhos.

Segundo Bermúdez-Soto, Tomás-Barberán e García-Consesa (2007) é tentador especular que, após a digestão, qualquer polifenol contido em alimentos, podem sofrer oxidação e degradação, porém isto é uma questão importante que precisa de mais e completa investigação como estes derivados podem ter um grande impacto sobre a biodisponibilidade, bioacessibilidade e atividade biológica de polifenóis.

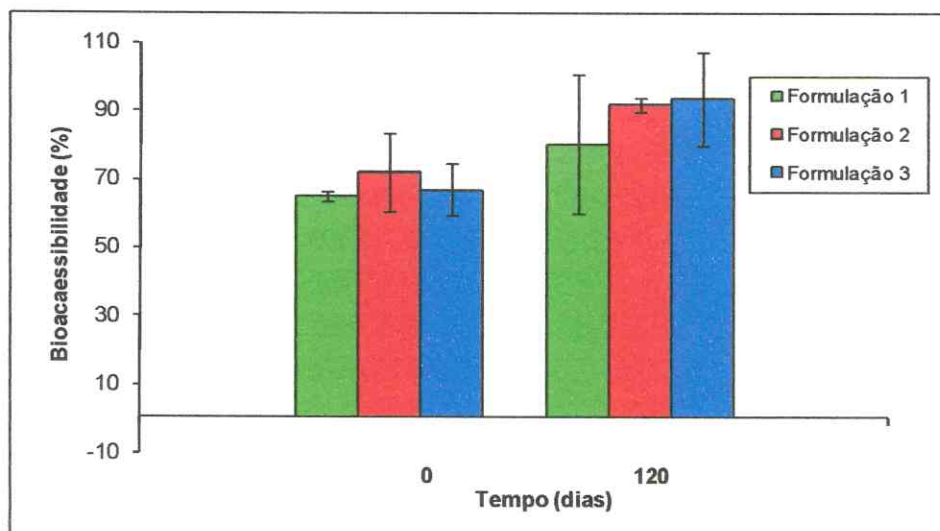
O caju é reconhecido como fruta com alto potencial antioxidante, Lopes *et al.* (2012), analisando pedúnculos de diferentes clones pelo método do ABTS, relataram, 31,88µmol Trolox equivalente/ g de fruta para o clone CCP 09 e 34,75µmol Trolox equivalente/ g de fruta para o clone CCP 76. Já Rufino *et al.*, (2010) ao avaliarem a atividade antioxidante pelo mesmo método encontraram para o pedúnculo do caju fresco em torno de 7,8µmol Trolox equivalente/g de fruta fresca.

O aumento da capacidade antioxidante em frações bioacessíveis das bebidas mistas foi de 64,74 e 91,06%; 65,81% e 91,74%, 71,02 e 93,37%, para as formulações F1, F2 e F3, nos tempos zero e 120 dias, respectivamente (Figura 37). O aumento na capacidade antioxidante pode ser devido, pelo menos em parte, pela liberação de antioxidantes (principalmente polifenóis) a partir da matriz de alimentos pela ação de enzimas digestivas no intestino delgado, de acordo com diversos estudos em cereais (LIYANA-PATHIRANA; SHAHIDI, 2005; NAGAH e SEAL, 2005; PÉREZ-JIMÉNEZ e SAURA-CALIXTO, 2005).

Cilla *et al.* (2011) também observou um aumento significativo na capacidade antioxidante de frações bioacessíveis total ao final do armazenamento, por dois métodos avaliados (59% e 20% para ORAC e TEAC, respectivamente) em seu estudo com bebidas de frutas (uva, laranja e damasco), no qual explica que esse pode ter ocorrido devido aos

tratamentos enzimáticos utilizados no processo de digestão, no qual a hidrólise parcial dos fenóis pode ocorrer, tornando-se disponível após a sua libertação de carboidratos e proteínas.

Figura 37 - % de bioacessibilidade da atividade antioxidantes pelo método ABTS, no tempo zero e 120 dias de armazenamento.



4 Conclusões

Os resultados obtidos demonstram que os polifenóis e a atividade antioxidante da bebida mista de caju e araçá-boi foram bioacessíveis e, portanto, susceptíveis à absorção durante a digestão humana. A atividade antioxidante apresentou um percentual mais elevado na bioacessibilidade, provavelmente porque nem todos os polifenóis foram libertados a partir da matriz polimérica e/ou eles foram modificados durante o processo de digestão.

O tempo de armazenamento aumentou a bioacessibilidade dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante, sendo aproximadamente de 40% para os compostos fenólicos e mais de 90% para os antioxidantes.

REFERÊNCIAS

- ARGYRI, K.; PROESTOS, C.; KOMAITIS, M.; KAPSOKEFALOU, M. Phenolic compounds in red wine digested *in vitro* in the presence of iron and other dietary factors. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 213–222, 2005.
- BERMÚDEZ-SOTO, M. J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GARCÍA-CONESA, M. T. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 865–874, 2007.
- BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J. Ensaios para determinar a (bio)disponibilidade de chumbo em solos contaminados:revisão. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 394-400, 2008.
- BOUAYED, J., HOFFMANN, L., BOHN, T. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastrointestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. **Food Chemistry**, v. 128, p. 14–21, 2011.
- BRIONES-LABARCA, V., VENEGAS-CUBILLOS, G., ORTIZ-PORTILLA, S., CHACANA- OJEDA, M., MAUREIRA, H. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on bioaccessibility, as well as antioxidant activity, mineral and starch contents in Granny Smith apple. **Food Chemistry**, v. 128, p. 520–529, 2011.
- CILLA, A.; PERALES, S.; LAGARDA, M. J.; BARBERA, R.; CLEMENTE, G.; FARRE, R. Influence of storage and *in vitro* gastrointestinal digestion on total antioxidant capacity of fruit beverages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 87–94, 2011.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 3ª Ed. São Paulo: Manole, 2009.
- FENNEMA, O. R.; PARKIN, K.; DAMODARAN, S. **Food Chemistry**. 4ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- FERNÁNDEZ-GARCIA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZ-GÁLVES, A. *In vitro* bioaccessibility assesment as a pediction tools of nutritional efficiency. **Nutrition Research**. v. 29, p. 751-760, 2009.
- FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão-precoce CCP-76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000
- GIORI, F. P. **Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* e determinação da bioaccessibilidade *in vitro* de β -caroteno em três variedades de batata doce de polpa alaranjada**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Serpédica-RJ, 2010.
- HEMALATHA, S.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Influence of heat processing on the bioaccessibility of zinc and iron from cereals and pulses consumed in India. **J. Trac. Element. Medicin. Biolog.**, v. 21,n. 1, p. 1-7, 2007.

KLIMCZAK, I.; MALECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZCZYNSKA-SWIGLO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 313–322, 2007

KULKARNI, S.D.; ACHARYA, R.; RAJURKAR, N.S.; REDDY, A.V.R. Evaluation of bioaccessibility of some essential elements from wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) by in vitro digestion method, **Food Chemistry** v.103, p. 681–688, 2007.

LACEY, A.M.L.; GIMÉNEZ, B.; PÉREZ-SANTÍN, E; FAULKS, R.; MANDALARI, G.; LÓPEZ-CABALLERO, M.E.; MONTERO, P. Bioaccessibility of green tea polyphenols incorporated into an edible agar film during simulated human digestion. **Food Research International**, v. 48, p. 462–469, 2012.

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. **J. Agric. Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LEE, H.S. Antioxidative activity of browning reaction products isolated from storage-aged orange juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 550–552, 1992.

LIMA, A. C. S. **Avaliação da bioacessibilidade de cobre, ferro, zinco e atividade antioxidante e total de suco integral e fibra de caju**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2013.

LIYANA-PATHIRANA, C.; SHAHIDI, F. Optimisation of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. **Journal of Food Chemistry**, v. 93, p. 47-56, 2005.

LOPES, M.M.A.; MIRANDA, M.R.A; MOURA, C. F. H; FILHO, J. E. Bioactive compounds and total antioxidant capacity of cashew apples (*anacardium occidentale* l.) during the ripening of early dwarf cashew clones. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, p. 325-332, 2012.

MILLER, D. D.; SCHRICKER, B. R.; RASMUSSEN, R. R.; VAN CAMPEN D. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 2248-2256, 1981.

MOREDA-PIÑEIRO, J.; MOREDA-PIÑEIRO, A.; ROMARÍS-HORTAS, V.; MOSCOSO-PÉREZ, C.; LÓPEZ-MAHÍA, P.; MUNIATEGUI-LORENZO, S.; BERMEJO-BARRERA, P.; PRADA-RODRÍGUEZ, D. *In vivo* and *in-vitro* testing to assess the bioaccessibility and the bioavailability of arsenic, selenium and mercury species in food samples. **Trends in Analytical Chemistry**. v. 30, n. 2, p. 324-345, 2011.

NAGAH, A. M.; SEAL, C. J. In vitro procedure to predict apparent antioxidant release from wholegrain foods measured using three different analytical methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 7, p. 1177–1185, 2005.

NETZEL, M; NETZEL, G.; ZABARAS, D.; LUNDIN, L.; DAY, L.; ADDEPALLI, R.; OSBORNE, S. A.; SEYMOUR, R. Release and absorption of carotenes from processed

carrots *Daucus carota*) using in vitro digestion coupled with a Caco-2 cell trans-well culture model. **Food Research International**. 44: 868–874, 2011.

NICOLI, M.C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of Processing on the Antioxidant Properties of Fruit and Vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, p. 94–100, 1999.

PEDRERO, Z.; MADRID, Y.; CÁMARA, C. Selenium Species Bioaccessibility in Enriched Radish (*Raphanus sativus*): A potential dietary source of selenium. **Journal and Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 2412-2417, 2006.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Literature data may underestimate the actual antioxidant capacity of cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, p. 12, p. 5036-40, 2005.

RABINOVICH, M.; FIGLAS, D.; DELMASTRO, S.; CURVETTO, N. Copper- and zinc-enriched mycelium of *Agaricus blazei* Murrill: Bioaccumulation and bioavailability. **Journal and Medicinal Food**, v. 10, p. 175-183, 2007.

RAMOS, A.; CABRERA, M.C.; SAADOUN, A. Bioaccessibility of Se, Cu, Zn, Mn and Fe, and heme iron content in unaged and aged meat of Hereford and Braford steers fed pasture. **Meat Science**, v. 91, p. 116–124, 2012.

RANG, H. P.; DALE, M. M.; RITTER, J. M.; MOORE, P. K. **Farmacologia**. 5a. ed. Elsevier, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**. 23: 726–740, 2010.

RUFINO, M. S. M., RICARDO, E., ALVES, R. E., BRITO, E. S., JIMÉNEZ, J. P., CALIXTO, F. S. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p. 996–1002, 2010.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMENEZ, 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.

TAGLIAZUCCHI, D.; VERZELLONI, E.; BERTOLINI, D.; CONTE, A. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. **Food Chemistry**, v. 120, n. 2, p. 599–606, 2010.

VASCONCELOS, M. S. **Atividades Antioxidante, Anti-Inflamatória e Cicatrizante do Caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Dissertação (Mestrado Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, 2011.

WITTSIEPE, J., SCHREY, P., HACK, A., SELENKA, F., WILHELM, M. Comparison of different digestive tract models for estimating bioaccessibility of polychlorinated dibenzo-p-

dioxins and dibenzofurans (PCDD/F) from red slag 'Kieselrot', **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 203, p. 263-273, 2001.

YOU, L., ZHAO, M., REGENSTEIN, J. M., REN, J. Changes in the antioxidant activity of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) protein hydrolysates during a simulated gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 120, n. 3, p. 810–816, 2010.

APÊNDICES

Apêndice A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.



Universidade Federal do Ceará
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. Nº 99/12

Fortaleza, 30 de março de 2012.

Protocolo COMEPE nº: 52/12

Pesquisador responsável: Gionana Matias do Prado.

Título do Projeto: "Desenvolvimento de néctares mistos de caju e araçá-boi enriquecido com ômega-3".

Levamos ao conhecimento de V.S^a. que o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará – COMEPE, dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 e complementares, aprovou o protocolo e o TCLE do projeto supracitado na reunião do dia 29 de março de 2012.

Outrossim, informamos, que o pesquisador deverá se comprometer a enviar o relatório final do referido projeto.

Atenciosamente,

Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido utilizado na avaliação sensorial das bebidas mistas de caju e araçá-boi adicionadas com ômega-3.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) em uma atividade do projeto de pesquisa “Desenvolvimento de néctares mistos de caju e araçá-boi enriquecidos com ômega-3”, de responsabilidade do pesquisador Dr. Nedio Jair Wurlitzer, da Embrapa Agroindústria Tropical.

O propósito desta pesquisa é avaliar a aceitação sensorial dos néctares mistos de caju e araçá-boi. Para obtenção dos dados, lhe será solicitado comparecer ao Laboratório de Análise Sensorial, onde em cerca de 15 minutos realizará o teste sensorial.

Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para o desenvolvimento de bebidas. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Ainda lhe será garantido o sigilo que assegure a privacidade da sua identidade, como também a confidencialidade de todos os resultados obtidos, os quais somente serão divulgados dados diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa pelos pesquisadores desse projeto.

O consumo deste produto não oferece riscos à saúde, contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise você será encaminhado ao serviço público de saúde.

Após ter sido esclarecido(a) sobre as informações acima, no caso de concordar em fazer parte do estudo, por favor assinar ao final do documento. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

Dr. Nedio Jair Wurlitzer (Pesquisador) - Embrapa Agroindústria Tropical - (85) 3391-7329

Eu, _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pelo pesquisador Dr Nedio Jair Wurlitzer sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Desse modo, concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Fortaleza/CE, ____ de _____ de _____

Participante

Responsável pelo teste

Apêndice C – Cromatograma da amostra de DHA

Pico	Tempo de retenção	Área	Área (%)	Nome do Composto
1	16,677	82100	5,1359	Mirístico (C14:0)
2	17,622	4244	0,2655	Pentadecanóico (C15:0)
3	18,617	248812	15,5699	Palmítico (C16:0)
4	20,172	14012	0,8766	Esteárico (C18:0)
5	21,545	262850	16,4431	Oléico (C18:1n9c)
6	22,811	26268	1,6432	Linoléico (C18:2n6c)
7	27,765	18311	1,1455	Araquidônico (20:4n6)
8	28,139	6851	0,4285	Não identificado
9	29,360	13996	0,8755	Cis-13,16 docosadienóico
10	30,794	18480	1,1560	Cis-5,8,11,14,17 eicosapentanóico
11	34,431	264639	16,5549	Cis-4,7,10,13,16,19 docosahexanóico

Apêndice D – Cromatograma da amostra de DHA encapsulado

Pico	Tempo de retenção	Área	Área (%)	Nome do Composto
1	12,908	13936	0,2240	Cáprico (C10:0)
2	14,813	582670	9,2411	Láurico (C12:0)
3	16,515	9365	0,1485	Não identificado
4	16,696	485526	7,7004	Mirístico (C14:0)
5	17,461	3387	0,0537	Miristoléico (C14:1)
6	17,630	13422	0,2129	Pentadecanóico (C15:0)
7	18,648	899661	14,2685	Palmitico (C16:0)
8	19,426	7050	0,1118	Palmitoléico (16:1)
9	20,588	11449	0,1816	Esteárico (C18:0)
10	20,732	78098	1,2386	Esteárico (C18:0)
11	21,584	933868	14,8110	Oléico (C18:1n9)
12	21,792	8371	0,1328	Não identificado
13	22,827	81969	1,3000	Linoléico (C18:2n6c)
14	23,145	6115	0,0970	Araquídico (20:0)
15	23,888	13869	0,2200	Cis-11-eicosenóico (C22)
16	24,839	5310	0,0842	Não identificado
17	25,737	17499	0,2775	Bêenico (C22:0)
18	26,144	10402	0,1650	Bêenico (C22:0)
19	27,014	22353	0,3545	Erúcico (C22:1n9)
20	27,752	29353	0,4658	Araquidônico (C20:4)
21	27,822	26138	0,4146	Tricosanóico (C23:0)
22	28,155	25454	0,4037	Não identificado
23	29,379	45532	0,7221	Cis-13,16-docosadienóico
24	30,125	11259	0,1786	Não identificado
25	30,815	61411	0,9740	Cis-5,8,11,14,17 eicosapentanóico
26	34,510	834047	13,2279	Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexanóico
27	35,725	18476	0,2930	Não identificado
28	36,633	32648	0,5178	Não identificado

Apêndice E – Cromatograma da bebida mista de caju e araçá-boi adicionada de ômega-3.

Pico	Tempo de retenção	Área	Área (%)	Nome do Composto
1	18,853	3538	0,7534	Palmítico (C16:0)
2	21,750	12855	2,7374	Oléico (C18:1n9c)
3	24,558	7765	1,6535	Heneicosanóico (C21:0)
4	27,668	110328	23,4932	Araquidônico (C20:4n6)
5	34,431	264639	16,5549	Cis-4,7,10,13,16,19 docosahexanóico

Apêndice F - Análise de Variância (ANOVA) e Regressão – pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável, L*, a* e b*

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		pH	SS	Acidez titulável	L*	a*	b*
Tratamento (T)	2	0,0016	0,0215	0,0007 ^{NS}	18,6123	1,7466	6,9562
Erro (a)	6	0,0001	0,0107	0,0004	0,9945	0,6411	0,8529
Tempo (t)	4	0,0281	1,2924	0,0021*	4,5941	1,0527	1,6579
Interação Txt	8	0,0002	0,0046	0,0037 ^{NS}	0,9084	0,0528	0,7515
Linear	1	0,0094*	182,04*	0,0026*	13,9161*	4,5517*	
Falta de ajuste	3	0,0343*	1,1164*	0,0019*	1,4867 ^{NS}	0,0426 ^{NS}	
Quadrática	2			0,004*			
Falta de ajuste	2			0,0002 ^{NS}			
Erro (b)	24	0,0001	0,0146	0,0003	0,9183	0,0491	0,4119

Apêndice G - Análise de Variância (ANOVA) e Regressão – valor Hue, valor Chroma, carotenóides totais, fenólicos totais, vitamina C, ABTS e FRAP.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		Hue	Croma	Carotenóides totais	Fenólicos totais	Vitamina C	ABTS	FRAP
Tratamento (A)	2	8,2212	7,0802	11414,08	825,71	40,2123	0,28	2,29
Erro (a)	6	0,6977	2,7419	3269,37	29,86	9,8611	0,02	0,17
Tempo (t)	4	1,7439	15,4341	58791,40	220,20	137,7883	0,71	50,42
Interação Txt	8	0,7802	0,4062	5560,60	38,90	32,7460	0,11	0,47
Linear	1	46,9588*				178,36*		
Falta de ajuste	3	4,9258*				124,26*		
Quadrática	2	27,64255*				181,72*		
Falta de ajuste	2	3,2255 ^{NS}				183,03*		
Cúbica	3	12,7472 ^{NS}				175,25*		
Falta de ajuste	1	3,3880 ^{NS}				25,40*		
Erro (b)	24	0,4455	0,2510	2922,52	28,11	16,13	0,04	0,11
F1								
Linear	1						0,2861*	0,9187 ^{NS}
Falta de ajuste	3						0,5612*	20,6905*
Quadrática	2						0,39385*	7,4566 ^{NS}
Falta de ajuste	2						0,0298	24,0351*
Cúbica	3						0,26276*	5,6151 ^{NS}
Falta de ajuste	1						0,0590 ^{NS}	46,1449*
F2								
Linear	1						0,0929 ^{NS}	3,4070*
Falta de ajuste	3						0,3626*	25,5952*
Quadrática	2						0,49965 ^{NS}	12,64035*
Falta de ajuste	2						0,0908*	27,45667*
Cúbica	3						0,38736	8,8279 ^{NS}
Falta de ajuste	1						0,0188 ^{NS}	52,21018
F3								
Linear	1	9,20 ^{NS}		15,96*		0,9612*		7,8848*
Falta de ajuste	3	7,36 ^{NS}		6,43 ^{NS}		0,3194*		18,1937*
Quadrática	2	8,61 ^{NS}		15,96 + 10,38/2 ^{NS}		0,751455*		13,2175*
Falta de ajuste	2	14,64 ^{NS}		4,46 ^{NS}		0,4165 ^{NS}		17,9172*
Cúbica	3	8,91 ^{NS}		10,63 ^{NS}		0,61403*		10,2191*

Falta de ajuste	1		4,52 ^{NS}	3,36 ^{NS}	0,0773*	31,8085*
Erro (b)	1059	2,49	3,25	3,34		

Apêndice H - Análise de Variância e Regressão – aparência, aceitação global e sabor

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		Aparência	Aceitação Global	Sabor
Tratamento (T)	2	21,13*	115,81*	149,87*
Erro (a)	297	2,81	3,80	3,93
Tempo (t)	4	3,64 ^{NS}	19,67*	21,69*
Interação Txt	7	1,55 ^{NS}	7,31*	11,25*
Linear	1	5,54 ^{NS}	147,6865*	
Falta de ajuste	3	5,85 ^{NS}	0,8410 ^{NS}	
Quadrática	2	2,78 ^{NS}	147,8841*	
Falta de ajuste	2	8,77*	1,1627 ^{NS}	
Cúbica	3	5,95 ^{NS}	149,1514*	
Falta de ajuste	1	5,24 ^{NS}	1,0582 ^{NS}	
F1				
Linear	1		0,64 ^{NS}	0,16 ^{NS}
Falta de ajuste	3		4,05 ^{NS}	12,45 ^{NS}
Quadrática	2		0,39 ^{NS}	0,11 ^{NS}
Falta de ajuste	2		6,01 ^{NS}	6,19 ^{NS}
Cúbica	3		2,04 ^{NS}	2,04 ^{NS}
Falta de ajuste	1		6,43 ^{NS}	6,43 ^{NS}
F2				
Linear	1		82,99*	116,33*
Falta de ajuste	3		0,06 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Quadrática			41,53 ^{NS}	116,33/2 ^{NS}
Falta de ajuste	2		0,02 ^{NS}	0,25 ^{NS}
Cúbica				
Falta de ajuste				
F3				
Linear	1		9,20 ^{NS}	15,96*
Falta de ajuste	3		7,36 ^{NS}	6,43 ^{NS}
Quadrática	2		8,61 ^{NS}	21,15 ^{NS}
Falta de ajuste	2		14,64 ^{NS}	4,46 ^{NS}
Cúbica	3		8,91 ^{NS}	10,63 ^{NS}
Falta de ajuste	1		4,52 ^{NS}	3,36 ^{NS}
Erro (b)	1059	2,49	3,25	3,34

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; Ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade; TE – Tempo; F1 – Formulação 1; F2 – Formulação 2; F3 – Formulação 3