

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

CLOTILDES ALVINO LEITE

**ESTUDO DA PRODUÇÃO E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DO FERMENTADO DE CAJU + UMBU-CAJÁ**

POMBAL-PB

2012

CLOTILDES ALVINO LEITE

**ESTUDO DA PRODUÇÃO E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DO FERMENTADO DE CAJU + UMBU-CAJÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia de Alimentos da Universidade
Federal de Campina Grande, como requisito ao
título de Engenheiro de Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mércia Melo de Almeida

POMBAL-PB

2012

L533e Leite, Clotildes Alvino.

Estudo da produção e das características físico-químicas do fermentado de caju + umbu-cajá. / Clotildes Alvino Leite. – Pombal: UFCG/CCTA, 2012.

57 f.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Mércia Melo de Almeida.

Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – UFCG/CCTA/UATA.

1. Bebida fermentada. 2. Vinho. 3. Caju. 4. Umbu-cajá. 5. Pós-colheita – Aproveitamento. 6. Polpas - Caracterização físico-química. I. Almeida, Mércia Melo de. II. Título.

UFCG/CCTA

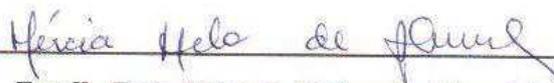
CDU 663.36(043)

CLOTILDES ALVINO LEITE

**ESTUDO DA PRODUÇÃO E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DO FERMENTADO DE CAJU + UMBU-CAJÁ**

APROVADO EM ____/____/2012

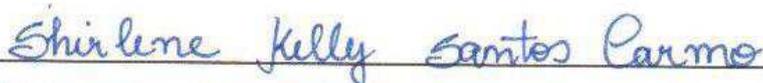
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Mércia Melo de Almeida – Orientadora
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof^a. Dr^a. Josilene de Assis Cavalcante – Examinadora interna
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof^a. M.Sc. Shirlene Kelly Santos Carmo – Examinadora externa
Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA

POMBAL-PB

2012

Dedico, a meu pai Claro Alvino da Silva (*in memoriam*), exemplo de vida, fé e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, minha primeira estrutura, que durante toda a minha vida caminhou ao meu lado, que me proporcionou a oportunidade de chegar até aqui, a Ele dou graças todos os dias pelo dom da vida.

A minha família, especialmente meu pai Claro Alvino (*in memorian*), que acreditou em mim, que sempre me apoiou na caminhada do saber, e, sobretudo, pelo seu imenso amor.

Ao meu namorado Anderson Guedes pela compreensão, apoio, companheirismo, amor e cuidado incondicionais, e pelo incentivo que com certeza não faltou.

A minha orientadora a professora Dr^a. Mércia Melo de Almeida, pela orientação, ensinamentos e pela paciência em ensinar cada passo a seguir durante o desenvolvimento dessa monografia.

Sou grata à Fabíola, Maria José, Franciélia e Sarah por terem me ajudado nas análises.

Ao pessoal do Laboratório de Qualidade de álcool da Giasa S. A. pela realização da análise cromatográfica.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutos de origem tropical, destacando-se o caju e umbu-cajá pelo sabor e aroma exóticos. Uma forma de agregar valor aos frutos e contribuir para o desenvolvimento sustentável da Região Nordeste é utilizar os excedentes de frutos como matéria-prima para produção de bebida fermentada. Desta forma, este trabalho teve como objetivo principal utilizar as polpas de caju e umbu-cajá na elaboração da bebida fermentada, visando a valorização destes frutos. Inicialmente foi realizada a caracterização físico-química das polpas de caju e umbu-cajá - açúcares solúveis totais, umidade, proteína, vitamina C, pH e sólidos solúveis totais; da mistura das polpas de caju + umbu-cajá (80% de caju e 20% de umbu-cajá) foi realizada análises de açúcares solúveis totais, sólidos solúveis totais, pH e vitamina C; foi realizado o estudo da cinética da fermentação alcoólica na elaboração da bebida fermentada utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* e a análise físico-química (SST, AST, pH e etanol) e cromatográfica (concentrações de etanol, substâncias voláteis, metanol e álcoois superiores) da bebida fermentada. A fermentação alcoólica foi conduzida em biorreator, em sistema de batelada, a temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Avaliou-se concentração celular (X), concentração de substrato (S), concentração de produto (etanol), sólidos solúveis totais e pH ao longo de 34 horas de fermentação. O teor de sólidos solúveis presente na polpa de caju + umbu-cajá (10,78 °Brix) e o pH (4,0) se mostraram adequados na fermentação alcoólica. A bebida fermentada de caju + umbu-cajá apresentou uma concentração de etanol (10,7°GL) dentro das especificações exigidas pela legislação brasileira, assim como a concentração metanol (57,50 mg/L). A produção de bebida fermentada é uma alternativa promissora no aproveitamento do caju e umbu-cajá reduzindo as perdas pós-colheita das mesmas.

Palavras-chaves: *Anacardium occidentale* L., *Spondias* spp, *Saccharomyces cerevisiae*, vinho, características físico-químicas

ABSTRACT

Brazil is a major producer of fruits of tropical origin, especially cashews and umbu-cajá by the exotic flavor and aroma. One way to add value to fruits and contribute to sustainable development in the Brazilian Northeast is to use surplus fruits as raw material for fermented beverage production. Thus this work aimed to use the cashew and umbu-cajá pulps in preparing the fermented beverage, seeking valorize of these fruits. Initially was performed physicochemical characterization of cashew and umbu-cajá pulps - total soluble sugars, humidity, protein, vitamin C, pH, and total soluble solids; from the pulps mix of cashew + umbu-cajá (80% of cashew and 20% of umbu-cajá) was performed analyzes of total soluble sugars, total soluble solids, pH and vitamin C; study was carried out of the kinetics of alcoholic fermentation in the preparation of fermented beverage using the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and physicochemical analysis (SST, AST, pH and ethanol) and chromatographic (ethanol concentrations, volatile substances, methanol and higher alcohols) from the fermented beverage. The alcoholic fermentation was conducted in a bioreactor in batch system, at temperature of $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. It was assessed cell concentration (X), substrate concentration (S), product concentration (ethanol), total soluble solids and pH over 34 hours of fermentation. The soluble solids level in the pulp of cashew + umbu-cajá (10,78 °Brix) and pH (4,0) was adequate in alcoholic fermentation. The fermented beverage of cashew + umbu-cajá showed a ethanol concentration (10.7°GL) within the required specifications by Brazilian law, as well as the methanol concentration (57,50 mg/L). The production of fermented beverage is a promising alternative for the use of cashew and umbu-cajá reducing post-harvest losses of the same.

Keywords: *Anacardium occidentale* L., *Spondias* spp, *Saccharomyces cerevisiae*, wine, physicochemical characteristics

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Representação da cinética fermentativa, através dos perfis de curvas: X (concentração do microrganismo), P (concentração de produto) e S (concentração de substrato)	24
Figura 3.1 - Etapas da produção de fermentado de caju + umbu-cajá	25
Figura 3.2 - Polpa do umbu-cajá e caju respectivamente	28
Figura 3.3 - Biorreator utilizado na fermentação	31
Figura 3.4 - Pasteurização da bebida fermentada de caju + umbu-cajá	32
Figura 4.1 - Variação da concentração celular durante a fermentação alcoólica	39
Figura 4.2 - Variação do substrato durante a fermentação alcoólica	39
Figura 4.3 - Variação do produto durante a fermentação alcoólica	40
Figura 4.4 - Cinética do processo de fermentação alcoólica na produção de fermentado de caju + umbu-cajá (Valores médios)	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Valores médios das características físico-químicas do caju “in natura”	18
Tabela 2.2 - Composição físico-química do umbu-cajá no estágio de maturação do fruto totalmente amarelo	19
Tabela 4.1 - Dados referentes às pesagens e rendimentos dos frutos de caju utilizado na produção de bebida fermentada	34
Tabela 4.2 - Dados referentes às pesagens e rendimentos dos frutos de umbu-cajá utilizados na produção de bebida fermentada	35
Tabela 4.3 - Caracterização físico-química e química da polpa do caju	36
Tabela 4.4 - Caracterização físico-química e química da polpa do umbu-cajá	37
Tabela 4.5 - Caracterização físico-química e química da polpa do caju (80%) + umbu-cajá (20%)	38
Tabela 4.6 - Resultados das análises físico-químicas da bebida fermentada	42
Tabela 4.7 - Resultados da análise cromatográfica da bebida fermentada expressos em mg/L de álcool anidro	43

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

AST	Açúcares Solúveis Totais
°Brix	Concentração de Sólidos Solúveis
°GL	Graus Gay-Lussac
P	Concentração final do produto (g/L)
P₀	Concentração inicial do produto (g/L)
S	Concentração final do substrato (g/L)
S₀	Concentração inicial de substrato (g/L)
SST	Sólidos solúveis totais (°Brix)
T	Temperatura (°C)
t	Tempo (h)
X	Concentração final de biomassa (g/L)
X₀	Concentração inicial de biomassa (g/L)
ρ_{Álcool}	Densidade específica do etanol (g/L)

SUMÁRIO

1 Introdução	13
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivo geral	16
1.2.1 Objetivos específicos	16
2 Revisão Bibliográfica	17
2.1 Caju	17
2.2 Umbu-cajá	18
2.3 Definição de vinho	20
2.4 Obtenção do vinho	21
2.5 Microbiologia do vinho (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	21
2.6 Fermentação alcoólica	22
2.7 Perfis de X, P e S	23
3 Material e Métodos	25
3.1 Matéria-prima	26
3.2 Caracterização física e físico-química dos frutos utilizados na produção de bebida fermentada do caju + umbu-cajá	26
3.2.1 Recepção e seleção	26
3.2.2 Lavagens e pesagens	26
3.2.3 Rendimento em relação ao fruto	27
3.2.4 Extração e filtração da polpa	28
3.2.5 Armazenamento da polpa	29
3.3 Produção de bebida fermentada de caju + umbu-cajá	29
3.3.1 Clarificação e filtração da polpa	39
3.3.2 Sulfitação e inóculo	30
3.3.3 Chaptalização (Correção do açúcar)	30
3.3.4 Fermentação alcoólica	30
3.3.5 Decantação e trasfega	31
3.3.6 Engarrafamento e pasteurização	31

3.3.7 Armazenamento	32
3.4 Análises realizadas durante a fermentação alcoólica	32
3.5 Análises cromatográficas da bebida fermentada	33
4 Resultados e discussão	34
4.1 Caracterização física e físico-química do caju e umbu-cajá	34
4.2 Estudo cinético da produção do fermentado de caju + umbu-cajá	38
4.3 Caracterização físico-química e cromatográfica da bebida fermentada do fruto do caju + umbu-cajá	41
5 Conclusões	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A – Metodologias	51

1 Introdução

A produção mundial da maioria dos frutos tropicais de importância econômica encontra-se quase que totalmente distribuída nas zonas tropicais e subtropicais dos países menos desenvolvidos. Nessas regiões, os frutos se apresentam como importante componente da dieta, contribuindo principalmente como fontes de vitaminas e outros nutrientes (SANCHO *et al.*, 2007). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção que supera os 41 milhões de toneladas, perdendo apenas para China e Índia (ANUÁRIO, 2008).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta de porte médio, xerófila, rústica, típica de clima tropical. É uma árvore de origem brasileira, do litoral nordestino de onde se propagou, pelos colonizadores, para diversos países da África e da Índia (SILVA, 2004).

O caju é uma fruta tropical, cuja produção no Brasil, está concentrada no Nordeste, sendo de grande importância social e econômica para a região. A agroindústria do caju no Nordeste produz cerca de 220 toneladas de castanha e 2 milhões de toneladas de pseudofruto, a parte carnosa e succulenta do caju, por ano. Apesar da potencialidade do pseudofruto como matéria-prima para diversos produtos, cerca de 90% da sua produção é descartada todos os anos, em função da sua alta perecibilidade e pelo fato do principal negócio do caju ser a comercialização da amêndoa. Entretanto, por ser rica em vitamina C e compostos fenólicos, substâncias com alto potencial antioxidante, tem despertado o interesse de diferentes grupos de pesquisa (CIANCI *et al.*, 2005).

A umbu-cajazeira (*Spondias* spp) pertence à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondia* considerado um híbrido natural entre o umbuzeiro e a cajazeira e tem origem desconhecida, apresentando características de planta xerófita encontrada em plantios desorganizados disseminado em estados do Nordeste. Na Paraíba, esta espécie se encontra distribuída do litoral ao sertão, sendo que, na região do Brejo, são encontrados os exemplares mais exuberantes (LOPES, 1997).

De acordo com a literatura, os frutos do caju e umbu-cajá apresentam quantidades apreciáveis de açúcares solúveis, os quais podem ser utilizados em

processos biotecnológicos (fermentação alcoólica), fazendo com que estas culturas sejam mais valorizadas.

A fermentação alcoólica é um processo enzimático realizado por microrganismos conhecido por levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) que converte as moléculas de sacarose em moléculas de etanol. Quando este processo é conduzido a partir do suco de uvas frescas, segundo a O. I. V. (*Office International de la Vigne et du Vin*), obtém-se uma bebida alcoólica com o nome de vinho. Portanto, pela legislação brasileira, estes vinhos que não são provenientes da uva devem obrigatoriamente ser rotulados com a denominação vinho acompanhada do nome da fruta da qual se originou, como exemplos: vinho de abacaxi, vinho de laranja, vinho de caju, entre outros. Estes são denominados de vinhos porque são produzidos da mesma maneira que é produzido o vinho de uva (SILVA, 2004).

A legislação brasileira estabelece que o fermentado de fruta é uma bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura (BRASIL, 1997).

A análise dos componentes voláteis (acetaldeído, acetona, éster - acetato de metila e etila), metanol, etanol, álcoois superiores (1-propanol, isobutanol, amílico e isoamílico), acidez total, açúcares residuais e pH são de vital importância para verificar se as características do produto estão dentro das especificações estabelecidas pela legislação brasileira (GARRUTI, 2001).

Diante do exposto, percebe-se que esses frutos possuem grande potencial de aproveitamento na elaboração de bioprodutos, como por exemplo, a bebida fermentada, utilizando frutos abundantes na região Nordeste do Brasil. Sendo assim, este trabalho teve como meta utilizar o caju e o umbu-cajá na elaboração de bebida fermentada, buscando obter um produto de maior valor agregado.

1.1 Justificativa

Na região semi-árida nordestina, existe a necessidade de ser mostrado cientificamente o potencial de muitas espécies para que sejam exploradas de forma

racional, proporcionando sua fixação de maneira ordenada, bem como a fixação do homem no sertão nordestino (LIMA *et al.*, 2012).

Os frutos de caju e umbu-cajá têm posição de destaque devido a suas características organolépticas agradáveis. O processamento desses frutos apresenta-se como uma forma viável de conservação, trazendo como vantagem a possibilidade de aproveitamento dos excedentes de produção, contornando problemas de sazonalidade e possibilitando sua distribuição por maiores períodos do ano (SANTOS *et al.*, 2010).

O vinho de caju + umbu-cajá produzido por fermentação alcoólica, pode ser viável, apresentando vantagens, principalmente na região Nordeste, onde a quase totalidade de produção de caju situa-se nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba. A elaboração do vinho de caju + umbu-cajá irá minimizar o desperdício desses frutos na região Nordeste, dando-lhe maior valor comercial.

O desperdício do caju deve-se ao fato da industrialização da castanha, para produção de óleos e castanha comestível, ser o principal interesse comercial em relação ao fruto integral, com um alto índice de exportação desses produtos (TORRES NETO *et al.*, 2006). Estudos realizados por Torres Neto *et al.* (2006) e Dias, Schwan e Lima (2003) relatam que os frutos de caju e umbu-cajá tem grande potencial de aproveitamento na produção de bebida fermentada.

Apesar de toda tecnologia já aplicada nas indústrias de frutos, ainda existe a necessidade de se desenvolver novos processamentos que permitam a redução das perdas, provenientes dos excedentes de safras, ao mesmo tempo em que agrega valor a esses frutos por meio de seu beneficiamento. As bebidas fermentadas de frutos constituem produtos promissores, além de contribuir para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis (SILVA *et al.*, 2011). Um desperdício intolerável para uma região tão carente de recursos alimentícios (SILVA, 2004).

Desta forma, surgiu o interesse de utilizar o caju e umbu-cajá na elaboração da bebida fermentada, produto de maior vida útil e valor comercial, buscando a valorização de culturas da região Nordeste e conseqüentemente melhorar as condições econômicas e sociais da região.

1.2 Objetivo geral

Estudar a produção e caracterização físico-química da bebida fermentada de caju + umbu-cajá visando à valorização destes frutos.

1.2.1 Objetivos específicos

- ✓ Fazer a caracterização físico-química das polpas de caju e umbu-cajá e da mistura caju + umbu-cajá utilizadas na elaboração da bebida fermentada;
- ✓ Produzir a bebida fermentada de caju + umbu-cajá, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*;
- ✓ Caracterizar físico-quimicamente o fermentado de caju + umbu-cajá (açúcares solúveis totais, pH, grau alcoólico, °Brix - sólidos solúveis totais);
- ✓ Analisar no fermentado produzido: concentrações de etanol, substâncias voláteis (acetaldeídos, ésteres), metanol e álcoois superiores (n-propanol, isobutanol, n-butanol, isoamílico).

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Caju

O cajueiro pertence à família Anacardiaceae, Dicotyledonea, gênero *Anacardium occidentale* L. (cajueiro comum). A família Anacardiaceae é constituída por árvores e arbustos tropicais e subtropicais que apresentam ramos sempre providos de canis resiníferos e folhas alternadas, coriáceas, sem estímulas sendo composta por mais de 60 gêneros e 400 espécies (SILVA, 2004).

No Brasil a quase totalidade da produção de castanhas situa-se nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba. A produção nacional de caju em (1998) foi de 39.836 toneladas numa área colhida de 589.245 ha (SILVA, 2004).

O cajueiro é encontrado em quase todos os Estados da federação, sendo que a Região Nordeste é responsável por 99,7% da produção nacional (SILVA, 2004). O cajueiro, árvore rústica, espontânea e nativa do Brasil, mais precisamente da zona arenosa litorânea de campos e dunas, que vai do Nordeste até o baixo Amazonas, está hoje disseminada por todas as regiões tropicais do globo (TORRES NETO, 2002).

No Brasil, o cajueiro ocupa lugar de destaque entre as plantas frutíferas tropicais em face da crescente comercialização dos seus produtos principais. O aproveitamento do pedúnculo é menos de 6% da produção nacional (MARQUES, 2006). Além de frágil, o pedúnculo é altamente perecível apresentando mecanismos aceleradores de degradação microbiológica contribuindo, desta forma, para a rejeição ou perda de centenas de milhares de toneladas por ano do produto (CRUZ, 1989).

O caju é, na verdade, um pseudofruto, uma vez que a castanha é o verdadeiro fruto, uma drupa cuja semente é comestível; o que é consumido "*in natura*" é o pedúnculo que se desenvolveu de modo diferente e cujas cores variam do amarelo ao vermelho (CARIOCA; HILUY; GAZELLI, 2003).

Os frutos são sustentados por uma haste carnosa e suculenta bem desenvolvida (o pedúnculo), de coloração amarelada, alaranjada ou avermelhada.

Da haste obtém-se matéria-prima para o fabrico de sucos, doces, entre outros. É o pseudofruto, chamado cientificamente pedúnculo floral, que é a parte comumente vendida, como à fruta. São conhecidas cerca de vinte variedades de caju, classificadas segundo a consistência da polpa, o formato, o paladar e a cor da fruta (amarela, vermelha ou roxo-amarelada, dependendo da variedade) (TORRES NETO, 2002). Marques (2006) caracterizou a composição físico-química do caju “*in natura*” comercializado na cidade de Campina Grande/PB, como é mostrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Valores médios das características físico-químicas do caju “*in natura*”

Parâmetros analisados	Valor médio
Açúcares redutores (% glicose)	6,35
Açúcares totais (%)	10,17
Açúcares não redutores	3,81
Acidez total (% ácido cítrico)	1,11
Umidade (%)	83,52
Vitamina C (mg/100g)	125,45
pH	4,07
Sólidos Solúveis (°Brix)	11,67

Fonte: Marques, 2006

2.2 Umbu-cajá

Pertencente à família Anacardiaceae, o umbu-cajá (*Spondias* spp) é uma frutífera nativa do Nordeste brasileiro ainda em fase de domesticação, originada por possíveis cruzamentos naturais entre o cajá (*Spondias mombim* L.) e o umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) que apresenta acentuada variabilidade em função das variações morfológicas entre folhas e frutos (PIRES, 1990; SANTOS, 1996).

A família Anacardiaceae é representada por cerca de 80 gêneros e 600 espécies, que é conhecida por produzirem frutos saborosos, excelente madeira, compostos utilizáveis na indústria e na medicina (BARROSO *et al.*, 2002).

O extrativismo é a forma de exploração desta espécie que apresenta grande potencial agroindustrial e é encontrada espontaneamente nas regiões semi-áridas, sub-úmida e semi-úmida do Nordeste brasileiro (LIRA JUNIOR *et al.*, 2005).

O fruto de umbu-cajá é caracterizado como uma drupa arredondada, de cor amarela, casca fina e lisa, com endocarpo, chamado de "caroço", grande, branco, suberoso e enrugado localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente (SANTOS, 1996).

Os frutos possuem excelente sabor e aroma, boa aparência e qualidade nutritiva, muito consumidos na forma "*in natura*", apresentando rendimento médio de 55 a 65 % em polpa (LIMA *et al.*, 2002).

Lima *et al.* (2012) determinou a composição físico-química do umbu-cajá proveniente da cidade de Patos/PB, como é mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Composição físico-química do umbu-cajá no estágio de maturação do fruto totalmente amarelo

Parâmetros analisados	Valor
pH	2,09
Açúcares redutores em glicose (%)	6,77
Açúcares não redutores em sacarose (%)	-
Açúcares totais (%)	7,90
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,00
Acidez Total Titulável (%)	1,75
SST/ATT	6,29

Fonte: Lima *et al.*, 2012

2.3 Definição de vinho

De acordo com a definição da Organização Internacional do Vinho - (*Office Internationale de la Vigne et du Vin*) com sede na França, só é possível chamar de vinho a bebida resultante da fermentação da uva. Bebidas elaboradas com outros frutos devem obrigatoriamente, pela legislação brasileira (BRASIL, 1997) ser rotuladas com a denominação fermentado (vinho) acompanhada do nome do fruto da qual se originou, por exemplo, fermentado de caju, fermentado de laranja, fermentado de acerola, fermentado de caju, entre outros.

A bebida alcoólica, em nosso país, é definida como um produto refrescante, aperitivo ou estimulante destinado à ingestão humana no estado líquido, e contendo mais de meio grau Gay-Lussac de álcool etílico, “o vinho é definido como uma bebida proveniente exclusivamente da fermentação alcoólica de uva madura e fresca ou suco de uva fresca” (LOPES, 2005).

A legislação brasileira (BRASIL, 1997) estabelece que o fermentado de fruta é uma bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura. O etanol é o principal componente do fermentado de fruta.

Os vinhos ou fermentados de frutas são divididos em três classes no que se refere à quantidade de açúcares residuais. A primeira classe apresenta os vinhos do tipo seco, com até 5 g/L de açúcares totais, a segunda entre 5,1 e 20 g/L são do tipo meio seco e a terceira e última é a classe dos vinhos suaves ou doces com mais de 20,1 g/L (ALMEIDA, 2007).

Quanto à composição química, o vinho é uma bebida extremamente complexa, contendo substâncias das mais variadas classes. Os compostos voláteis secundários da fermentação alcoólica (alcoóis superiores, acetato de etila e acetaldeído) interferem diretamente na qualidade do aroma e o glicerol, também subproduto da fermentação, contribui para a viscosidade, doçura e corpo dos vinhos. A presença de metanol está relacionada aos teores de pectina dos mostos. Os compostos fenólicos, particularmente os flavonóides, conferem atributos de amargor

e adstringência, sendo também responsáveis pela precipitação de complexos de proteínas e pelo escurecimento de vinhos brancos (ARAÚJO *et al.*, 2009).

2.4 Obtenção do vinho

O vinho é obtido a partir da fermentação alcoólica de açúcares, através do suco de fruta natural madura, principalmente a uva (*Vitis vinifera*) (CORAZZA; RODRIGUES; NOZAKI, 2001). No entanto, podem ser usados outros frutos desde que possua açúcar para produzir um bom vinho.

Os frutos de origem tropical apresentam um inconveniente que é a alta concentração de pectina, sendo assim o suco fermentado além de produzir compostos importantes para a qualidade sensorial do produto, como etanol, compostos voláteis (acetaldeído, ésteres), ácidos e alcoóis superiores (n-propanol, isobutanol, isoamílico), produz também o metanol que é uma substância altamente tóxica (LOPES, 2005). Segundo Torres Neto *et al.* (2006) o teor de metanol não deve ultrapassar o limite de 500 mg/100ml de álcool anidro.

2.5 Microbiologia do vinho (*Saccharomyces cerevisiae*)

Os agentes da fermentação alcoólica são as leveduras (AQUARONE; ZACANARO JÚNIOR, 1983). Almeida (2007) afirma que existe um grande número de espécies de leveduras que se diferenciam por seu aspecto, sua forma de reprodução e também pela maneira de transformar o açúcar.

As leveduras encontradas na vinificação podem apresentar uma das quatro formas distintas: elíptica ou oval; alongada, em forma de salsicha; esférica; e apiculada, alongada em suas extremidades, como limão (AQUARONE *et al.*, 1983).

As leveduras, que são fungos unicelulares, com tamanho médio de 5 a 8 µm de diâmetro (ROCHA, 2008), formadas por membrana plasmática, espaço periplasmático e parede celular, a qual é constituída principalmente por

polissacarídeos e pequenas quantidades de peptídeos, apresentando uma estrutura semi-rígida e permeável (WARD, 1991).

As *Saccharomyces* invadem o meio muito rapidamente. Entre as *Saccharomyces*, o poder alcoogênico varia de 8 a 18°GL (BORZANI; AQUARONE; LIMA, 1983), sendo a *Saccharomyces cerevisiae* a mais utilizada na indústria de alimentos.

As vantagens do inóculo de leveduras, quando bem realizado, podem ser resumidas como segue:

- Início da fermentação mais rápida, principalmente nas primeiras cubas;
- Uma fermentação mais regular e sua conclusão sempre mais rápida;
- Boa conservação de vinhos, sendo bem secos, isto é, isentos de açúcares redutores fermentescíveis (BORZANI; AQUARONE; LIMA, 1983).

As leveduras utilizadas na produção de bebidas alcoólicas devem apresentar as seguintes características: alta tolerância ao álcool, bom rendimento, fermentar rapidamente o meio e minimizar o risco de contaminações, produzir a melhor concentração e balanço de compostos secundários desejáveis (ALMEIDA, 2007).

2.6 Fermentação alcoólica

A fermentação é um dos processos mais antigos e usados pelos egípcios na fabricação de bebidas alcoólicas a partir de frutas e cereais existentes há mais de 4.000 anos (AQUARONE; ZACANARO JÚNIOR, 1983). É um processo enzimático através de microrganismos, nesse caso a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) que metaboliza o substrato (açúcares redutores) originando principalmente o etanol (LOPES, 2005).

No processo da fermentação alcoólica de açúcares, os principais produtos formados são álcool etílico e gás carbônico, de acordo com a reação a seguir (AQUARONE *et al.*, 2001):



Entretanto a molécula da glicose passa em processo anaeróbio por doze etapas intermediárias antes de ser transformadas em etanol e gás carbônico. Ao lado de etanol e gás carbônico, formam acetaldeído, glicerol, 2,3 butilenoglicol, ácido láctico e ácido cítrico como produtos constantes da fermentação alcoólica e que contribuem para o sabor e o aroma do vinho. Os ésteres, como acetato de etila, são também formados pela esterificação de ácidos orgânicos fixos, como ácido tartárico e málico também catalisados pelas enzimas das leveduras.

Durante a fermentação alcoólica, alguns fatores influenciam no processo, tais como:

- A concentração de carboidrato no mosto;
- O pH do meio;
- A concentração de levedura;
- A temperatura de fermentação.

A temperatura entre 25 e 33°C permite obter alto rendimento em álcool, não somente pela fermentação mais completa, mas também por minimizar a perda por evaporação, por isso é considerada de extrema importância.

O controle de pH é importante durante o processo de fermentação alcoólica. Valores de pH iniciais podem variar de 3,8 a 4,0, sendo esta faixa de pH suficiente para permitir uma rápida fermentação alcoólica e inibir bactérias indesejáveis (AQUARONE; ZACANARO JÚNIOR, 1983). O pH de 4 a 4,5 é o ideal para a fermentação alcoólica (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Durante a fermentação alcoólica são produzidos metabólitos fermentativos e biomassa. A produção de biomassa sempre é pequena quando comparada com quantidade de açúcares convertidos em etanol e gás carbônico (BARRE *et al.*, 2000).

2.7 Perfis de X, P e S

O estudo cinético de um processo fermentativo consiste em uma análise de valores da concentração de um ou mais componentes de cultivo, em função do

tempo de fermentação. Entende-se por componente o microrganismo (X) ou a biomassa, os produtos do metabolismo (P) ou metabólitos, os nutrientes ou substratos (S), que compõem o meio de cultura. Esses valores experimentais de concentração, quando representados em função do tempo, permitirão os perfis das curvas de ajuste (Figura 2.3) (SCHMIDELL *et al.*, 2001).

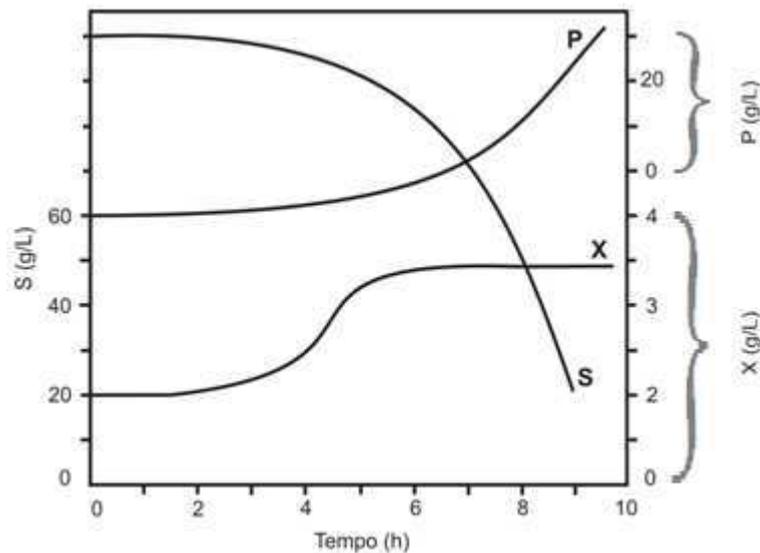


Figura 2.1 - Representação da cinética fermentativa, através dos perfis de curvas: X (concentração do microrganismo), P (concentração de produto) e S (concentração de substrato)

Pode-se observar, na Figura 2.1 que a velocidade da reação comporta-se como uma função decrescente da concentração do substrato até um determinado valor dessa concentração, depois de um determinado tempo a velocidade se manterá constante (estado estacionário), por outro lado há aumento do produto e da concentração de células.

Esses valores representam parte de um conjunto de dados, necessários ao dimensionamento de uma instalação produtiva, fica evidente que sem o conhecimento da cinética torna-se inviável a transposição de um experimento de laboratório para a escala industrial (SCHMIDELL *et al.*, 2001).

3 Material e Métodos

A Figura 3.1 apresenta as etapas dos experimentos realizados na elaboração da bebida fermentada dos frutos de caju + umbu-cajá.

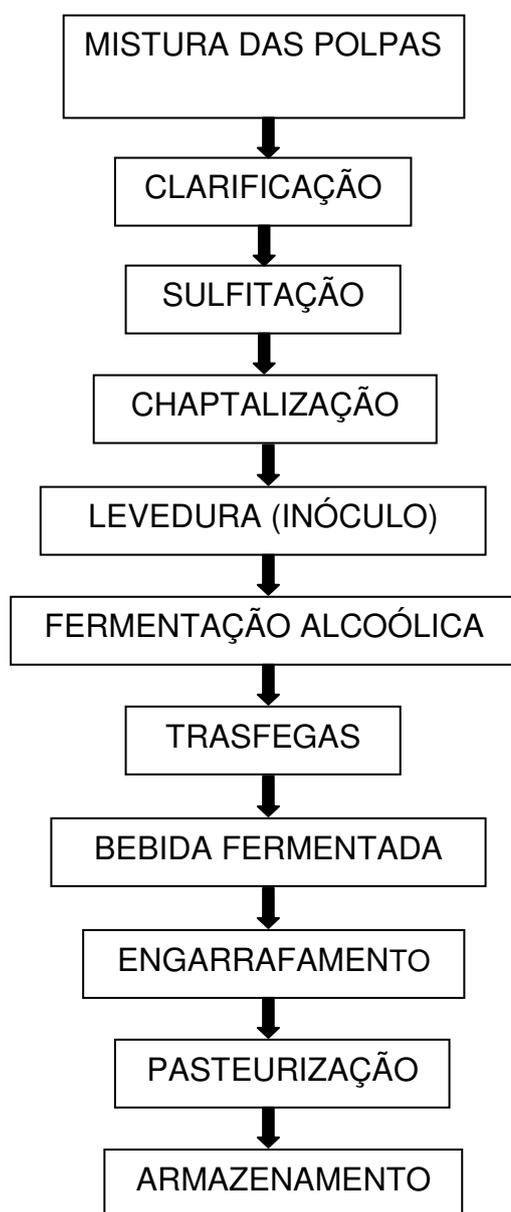


Figura 3.1 - Etapas da produção de fermentado de caju + umbu-cajá

3.1 Matéria-prima

Os frutos de caju e umbu-cajá foram adquiridos em feira livre da cidade de Patos e selecionados de acordo com o estado de maturação, escolhendo-se os frutos sadios e maduros.

3.2 Caracterização física e físico-química dos frutos utilizados na produção de bebida fermentada do caju + umbu-cajá

3.2.1 Recepção e seleção

Os frutos de caju e umbu-cajá foram coletados e levados para o Laboratório de Análise de Alimentos – UATA/CCTA/UFCG, onde passaram por uma seleção visando eliminar os frutos defeituosos, machucados, verdes ou muito maduros. A seleção é um ponto importante para garantir um produto de boa procedência e também para não comprometer o processo fermentativo.

3.2.2 Lavagens e pesagens

Os frutos foram imersos em água clorada na concentração de 20 ppm durante 15 minutos, e, em seguida, foi feita uma nova lavagem em água corrente visando eliminar os resíduos de cloro remanescente da lavagem anterior.

Realizaram-se pesagens, em uma balança analítica, com o objetivo de verificar o rendimento da produção. Do caju foi feita pesagem da fruta (fruto inteiro; pseudofruto e o verdadeiro fruto). Seguindo de uma descastanhagem, separando o pedúnculo da castanha, onde ambos foram pesados separadamente. O pseudofruto foi triturado em liquidificador industrial, e posteriormente separou o resíduo e a polpa, procedendo-se as pesagens dos mesmos. Do umbu-cajá foi feita a pesagem da fruta, seguindo de um despulpamento, separando a polpa, a casca e a semente, onde ambos foram pesados separadamente.

3.2.3 Rendimento em relação ao fruto

Os frutos utilizados na elaboração da bebida fermentada foram pesados em uma balança analítica, com o objetivo de verificar o rendimento dos mesmos. Os cálculos dos rendimentos são relações simples entre os pesos e volumes correspondentes ao fruto, feitos na etapa da produção.

Os percentuais de rendimento (p/p) de pedúnculo ($R_{\text{Pedúnculo}}$) e castanha (R_{Castanha}) do fruto do caju representam a quantidade de pedúnculo e castanha com relação ao fruto inteiro e calculados pelas Equações 3.1 e 3.2:

$$R_{\text{Pedúnculo}} (\%) = \frac{\text{Massa do pedúnculo}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$R_{\text{Castanha}} (\%) = \frac{\text{Massa da castanha}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.2)$$

Os percentuais de rendimento (p/p) de polpa (R_{Polpa}) e resíduo ($R_{\text{Resíduo}}$) do fruto do caju representam a quantidade de polpa e resíduo com relação ao pedúnculo e calculados pelas Equações 3.3 e 3.4:

$$R_{\text{Polpa}} (\%) = \frac{\text{Massa da polpa}}{\text{Massa do pedúnculo}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$R_{\text{Resíduo}} (\%) = \frac{\text{Massa do resíduo}}{\text{Massa do pedúnculo}} \times 100 \quad (3.4)$$

Os percentuais de rendimento (p/p) de polpa (R_{Polpa}), casca (R_{Casca}), semente (R_{Semente}) e resíduo ($R_{\text{Resíduo}}$) do fruto do umbu-cajá representam a quantidade de polpa, casca, semente e resíduo com relação ao fruto inteiro e calculados pelas Equações 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8:

$$R_{\text{Polpa}} (\%) = \frac{\text{Massa da polpa}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.5)$$

$$R_{\text{Casca}} (\%) = \frac{\text{Massa da casca}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.6)$$

$$R_{\text{Semente}} (\%) = \frac{\text{Massa da semente}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.7)$$

$$R_{\text{Resíduo}} (\%) = \frac{\text{Massa do resíduo}}{\text{Massa do fruto}} \times 100 \quad (3.8)$$

3.2.4 Extração e filtração da polpa

Esta etapa consiste na obtenção da polpa natural livre de fibras, Figura 3.2. A despulpagem do pedúnculo e do umbu-cajá foi realizada por um processo mecânico com o auxílio de um liquidificador industrial. A separação da polpa da parte fibrosa (resíduo) foi através de uma filtragem em tecido de algodão limpo, na polpa foi feita a caracterização físico-química e a mesma foi armazenada para ser utilizada na produção da bebida fermentada.



Figura 3.2 - Polpa do umbu-cajá e caju respectivamente

A caracterização físico-química da polpa dos frutos do caju e umbu-cajá foi realizada no laboratório de Análise de Alimentos da UFCG, onde foram realizadas análises de açúcares solúveis totais (AST) pelo método de Antrona (TREVELYAN; HARRISON, 1952), umidade, sólidos solúveis totais (SST) e pH seguindo as metodologias descritas em Brasil (2005), proteína pelo método de Kjeldahl e vitamina C pelo método de Tillmans. Foi realizada análises de açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis totais (SST), pH e vitamina C da mistura das polpas de caju + umbu-cajá (80% de caju e 20% de umbu-cajá), usada para produzir o fermentado de caju + umbu-cajá. A descrição das metodologias citadas encontra-se no Apêndice A.

3.2.5 Armazenamento da polpa

Mediu-se volumetricamente a polpa em embalagens plásticas, fez-se a etiquetagem e armazenou-se em freezer com a finalidade de prolongar a vida útil, e posteriormente foi utilizada na produção da bebida fermentada dos frutos do caju + umbu-cajá.

3.3 Produção de bebida fermentada de caju + umbu-cajá

A produção da bebida fermentada foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos da UATA/CCTA/UFCG, em biorreatores de polietileno em sistema de batelada simples com capacidade de 7,5 litros. O volume de mosto a fermentar foi de 6,6 litros e os experimentos foram realizados em duplicata. A produção do fermentado de caju + umbu-cajá foi baseada na metodologia descrita na produção de fermentado de caju (SILVA, 2004), com algumas adaptações.

3.3.1 Clarificação e filtração da polpa

Inicialmente, a polpa foi retirada do freezer e descongelada em temperatura ambiente, para fazer a clarificação da mesma. A etapa de clarificação consiste na remoção da pectina que é um polissacarídeo encontrado em níveis mais elevados em frutos de origem tropical. Sua presença no mosto pode ocasionar o surgimento de uma substância tóxica, o metanol que se ingerida pode causar danos à saúde. A clarificação foi realizada com solução de gelatina a 10% (comercial, incolor e inodora, Royal), numa proporção de 10 mL/litro de suco, adicionando-a ao suco e homogeneizando. Após 10 minutos, aproximadamente, observou-se uma floculação da gelatina com a pectina.

Em seguida foi feita a filtração através de tecidos de algodão previamente limpos, obtendo-se um mosto clarificado e com um aspecto límpido.

3.3.2 Sulfitação e inóculo

A sulfitação foi realizada com a finalidade de fazer a desinfecção do meio, prevenindo a ocorrência de situações indesejáveis durante a fermentação, como a proliferação de microrganismos. O metabissulfito de potássio, foi adicionado ao mosto numa concentração de 3 gramas para cada 10 litros de suco clarificado.

3.3.3 Chaptalização (Correção do açúcar)

A chaptalização é a etapa do processo em que se adiciona a sacarose ($C_6H_{12}O_{11}$), açúcar comercial (que é o substrato limitante para a levedura) ao mosto, para se obter um produto com a graduação alcoólica dentro das especificações exigidas pela legislação brasileira (BRASIL, 1997). Geralmente, a chaptalização é feita quando o fruto não tem quantidades suficientes de açúcares ou quando se deseja uma bebida com graduação alcoólica elevada (fermentados secos). Foram adicionados 210 gramas de sacarose para cada litro de suco. Esta quantidade foi dividida em duas partes, onde a primeira adição foi de 30 g/L, a segunda adição (180 g/L) só foi feita após ter sido consumida, aproximadamente, toda a sacarose primeiramente adicionada. Esta divisão é feita para evitar a inibição do microrganismo pelo o substrato (SILVA, 2004).

3.3.4 Fermentação alcoólica

O microrganismo utilizado no processo fermentativo foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico comercial, marca Fleischmann, 70% de umidade); esse é utilizado por ser mais acessível e de fácil manipulação. Foram adicionadas 20 gramas do inóculo para cada litro de mosto. Durante a primeira fase da fermentação alcoólica realizou-se a cada 2 horas o controle das seguintes variáveis: concentração de açúcares solúveis totais (AST); sólidos solúveis totais (SST), temperatura; pH; teor alcoólico e concentração celular, até que o °Brix do mosto ficasse constante. Posteriormente, adicionaram-se os 180 g/L restantes de sacarose (segunda chaptalização) iniciando a segunda etapa da fermentação

alcoólica, fazendo-se novamente o controle de todas as variáveis observadas na primeira etapa até que o valor do °Brix ficasse constante. Na Figura 3.3 é mostrado o biorreator utilizado durante a fermentação alcoólica da bebida fermentada dos frutos do caju + umbu-cajá.



Figura 3.3 - Biorreator utilizado na fermentação

3.3.5 Decantação e trasfega

Finalizada a fermentação, o vinho foi levado à geladeira por 7 dias para facilitar a decantação da levedura. Após 7 dias foi feita à primeira trasfega do vinho (transferir a bebida para outro recipiente), depois de 30 dias, foi feita a segunda trasfega até que se elimine a maior quantidade de levedura possível. A trasfega consiste na remoção das partículas sólidas em suspensão, que, caso não sejam removidas, podem dar origem a produtos de odor desagradável, como H_2S (ácido sulfídrico) ou mercaptana, os quais depreciam o vinho (AQUARONE; ZACANARO JÚNIOR, 1983).

3.3.6 Engarrafamento e pasteurização

O engarrafamento foi realizado em garrafas tipo PET, as quais foram bem vedadas com fita plástica adesiva, evitando-se vazamento e entrada de oxigênio.

O processo de pasteurização visa à eliminação de microrganismos indesejáveis, inclusive resíduos remanescentes do fermento, por choque térmico. A pasteurização ocorreu durante 30 minutos, com água previamente aquecida a uma temperatura de 65°C, Figura 3.4. O choque térmico foi realizado, com o resfriamento das garrafas em água corrente. O equipamento é um tanque de aço inoxidável provido de serpentina de aquecimento elétrico (banho-maria).



Figura 3.4 - Pasteurização da bebida fermentada de caju + umbu-cajá

3.3.7 Armazenamento

O fermentado de caju + umbu-cajá engarrafado e pasteurizado está armazenado em ambiente seco.

3.4 Análises realizadas durante a fermentação alcoólica

Durante a fermentação alcoólica foram realizadas a cada 2 horas, análises de: concentração de açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis totais (°Brix), temperatura, pH, concentração celular (g/L) e concentração de etanol (°GL). As metodologias das análises de AST, SST e pH seguiram as metodologias anteriormente descritas na caracterização das polpas de caju e umbu-cajá. A

descrição das metodologias de concentração celular e concentração de etanol encontram-se no Apêndice A

3.5 Análises cromatográficas da bebida fermentada

A bebida fermentada foi analisada para determinar a concentração de álcoois superiores e voláteis e confrontá-los com a literatura. As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de álcool da GIASA S. A. localizada em João Pessoa/PB.

4 Resultados e discussão

4.1. Caracterização física e físico-química do caju e umbu-cajá

Os valores referentes às pesagens e rendimentos (pedúnculo, castanha, polpa, casca, semente e resíduo) dos frutos de caju e umbu-cajá são apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente.

O rendimento de pedúnculo (RPedúnculo) e castanha (RCastanha) dos frutos de caju e o rendimento de polpa (RPolpa) e resíduo (RResíduo) com relação ao pedúnculo, encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Dados referentes às pesagens e rendimentos dos frutos de caju utilizado na produção de bebida fermentada

Parâmetro	Valor
Massa total dos frutos (Kg)	26,740
Massa total de pedúnculo (Kg)	24,180
Massa total de castanha (Kg)	2,559
Massa total de polpa (Kg)	20,210
Massa total de resíduo (Kg)	3,970
Rendimento de pedúnculo (% p/p)	90,42
Rendimento de castanha (% p/p)	9,04
Rendimento de polpa (% p/p)	76,58
Rendimento de resíduo (% p/p)	23,41

O rendimento da polpa de caju foi de 76,58%, valor superior foi encontrado por Menezes e Alves (1995) ao determinar o percentual de polpa do caju *Anacardium occidentale* L. obtendo 80,1% de polpa, isto pode ser explicado devido o caju deste trabalho ter dimensões inferiores ao *Anacardium occidentale* L. do

trabalho de Menezes e Alves (1995), essa diferença é atribuída às variações de temperatura e tipo de solo nos locais de cultivo, que de acordo com Chitarra e Chitarra (1990) são fatores que tem grande influência na composição dos frutos.

O rendimento de casca (RCasca), polpa (RPolpa), semente (RSemente) e resíduo (RResíduo) dos frutos de umbu-cajá encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Dados referentes às pesagens e rendimentos dos frutos de umbu-cajá utilizados na produção de bebida fermentada

Parâmetro	Valor
Massa total dos frutos (Kg)	7,324
Massa total de casca (Kg)	1,164
Massa total de semente (Kg)	1,792
Massa total de polpa (Kg)	3,475
Massa total de resíduo (Kg)	0,697
Rendimento de casca (% p/p)	14,53
Rendimento de semente (% p/p)	23,09
Rendimento de polpa (% p/p)	46,07
Rendimento de resíduo (% p/p)	8,16

O rendimento de semente do umbu-cajá (23,09%) apresentou valores próximos aos encontrados na literatura, os quais variaram de 21,90% a 35,70% segundo dados de Silva Júnior *et al.* (2004), ao caracterizarem frutos de cajá-umbu coletados na região do Araripe, Pernambuco. Santos *et al.* (2010) observou um percentual de semente de 20,31% em frutos de umbu-cajá provenientes do Recôncavo Sul da Bahia, valor inferior ao encontrado neste trabalho (23,09%).

Um dos atributos de qualidade para a comercialização de frutos é o menor peso de sementes por fruto. Esta variável influencia diretamente o percentual de rendimento, também considerado um atributo de qualidade, especialmente para os

frutos destinados à elaboração de produtos, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias processadoras é de 40% (CHITARRA; CHITARRA,1990).

O rendimento de polpa de umbu-cajá foi de 46,07%. Silva Júnior *et al.* (2004) obtiveram um rendimento médio de polpa para frutos de umbu-cajá superior com variação de 54,5% a 66,5%. Valores superiores aos obtidos por Silva Júnior *et al.* (2004) foram encontrados por Santos *et al.* (2010) ao analisarem a caracterização física de frutos de umbu-cajá, com valor de 69,70%.

A caracterização físico-química e química da polpa do caju, utilizada na elaboração da bebida fermentada, pode ser observada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Caracterização físico-química e química da polpa do caju

Parâmetros analisados	Média e desvio padrão
Umidade (%)	91,73 ± 0,15
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,86 ± 0,05
Proteína bruta (%)	1,45 ± 0,24
pH	3,58 ± 0,07
Vitamina C (mg/mL)	279,11 ± 0,77
AST (g/L)	100,04 ± 0,21

A polpa do fruto do caju apresentou um alto teor de umidade (91,73%), valor superior ao obtido por Marques (2006) que foi de 83,52% para o caju “*in natura*” comercializado na cidade de Campina Grande/PB, enquanto o teor de SST (9,86 °Brix) e o pH (3,58) são inferiores aos obtidos por Marques (2006) que obteve valor de SST (11,67 °Brix) e pH de 4,07. Brandão *et al.* (2003) ao determinarem o teor de sólidos solúveis do caju obteve um valor semelhante ao deste trabalho (9,8 °Brix).

O valor de pH do caju (3,58) está superior ao encontrado por Martins, Cunha e Silva (2008) de 3,12, que utilizaram o cajuzinho-do-cerrado, coletados nos municípios de Faina e Hidrolândia, no Estado de Goiás para desidratar

osmoticamente. Esse valor foi inferior ao encontrado por Brandão *et al.* (2003) e por Souza Filho *et al.* (1999) que foi de 4,01 e 4,32 respectivamente.

O caju se encontra entre as principais fontes de vitamina C, com teores em torno de 200 a 300 mg/100ml de suco (CHITARA; CHITARA, 1990). Neste trabalho o caju apresentou 279,11 mg/100mL de vitamina C.

A caracterização físico-química e química da polpa do umbu-cajá, utilizada na elaboração da bebida fermentada pode ser observada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Caracterização físico-química e química da polpa do umbu-cajá

Parâmetros analisados	Média e desvio padrão
Umidade (%)	87,60 ± 0,52
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,70 ± 0,20
Proteína bruta (%)	1,89 ± 0,24
pH	3,69 ± 0,07
Vitamina C (mg/100mL)	6,34 ± 0,68
AST (g/L)	101,81 ± 0,26

Os sólidos solúveis totais (SST), expressos em °Brix são os compostos que se misturam ou se dissolvem no suco da fruta, formados principalmente por açúcares, que dão o sabor doce ou ácido (ALMEIDA, 2007), e apresentam tendência de aumento com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os valores de SST observados no caju e umbu-cajá são relativamente elevados, 9,86 °Brix e 11,70 °Brix respectivamente, o que favorece a utilização destes frutos em processos biotecnológicos como a fermentação alcoólica.

O valor de SST (11,70 °Brix) do umbu-cajá foi superior aos encontrados por Lima *et al.* (2002), que relataram valores em torno de 11°Brix, para a polpa de umbu-cajá, e inferior aos relatados por Santos (1996) que encontrou variação de SST do umbu-cajá de 13,80 a 14,47 °Brix.

A caracterização físico-química e química da polpa do caju + umbu-cajá (80% de caju + 20% de umbu-cajá), utilizada na elaboração da bebida fermentada pode ser observada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Caracterização físico-química e química da polpa do caju (80%) + umbu-cajá (20%)

Parâmetros analisados	Média e desvio padrão
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,78 ± 0,05
pH	3,67 ± 0,07
Vitamina C (mg/100mL)	288,78 ± 0,95
AST (g/L)	108,20 ± 0,04

O valor de sólidos solúveis observado nos frutos de caju + umbu-cajá é relativamente elevado (10,78 °Brix) e é comparável aos frutos de caju (SILVA, 2004) e umbu-cajá (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2005), o que favorece a utilização destes frutos na produção de bebida fermentada. Segundo Aquarone e Zacarano Júnior (1983), a faixa de pH suficiente para permitir uma rápida fermentação alcoólica podem variar de 3,8 a 4,0, o pH encontrado neste trabalho foi de 3,67 o que significa que esta próximo ao desejado para fermentação alcoólica.

4.2 Estudo cinético da produção do fermentado de caju + umbu-cajá

Os perfis dos principais parâmetros do processo fermentativo, tais como concentração celular (biomassa), concentração de etanol (produto) e concentração de açúcares totais (substrato) podem ser observados nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3. Os ensaios foram realizados em duplicata, podendo verificar nestas figuras uma boa reprodutibilidade dos dados experimentais.

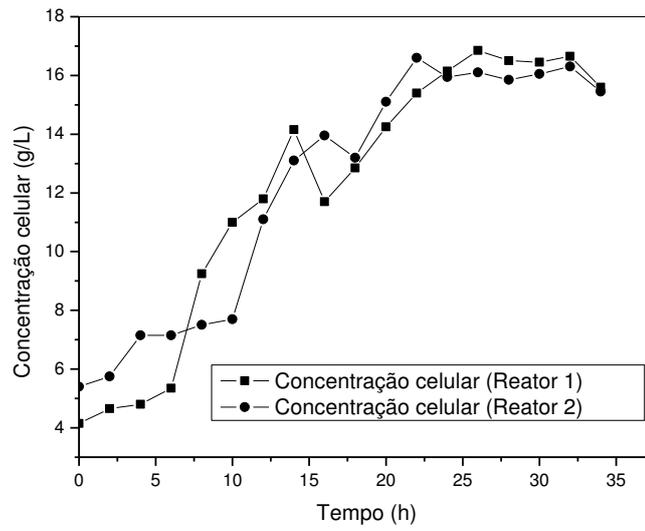


Figura 4.1 - Variação da concentração celular durante a fermentação alcoólica

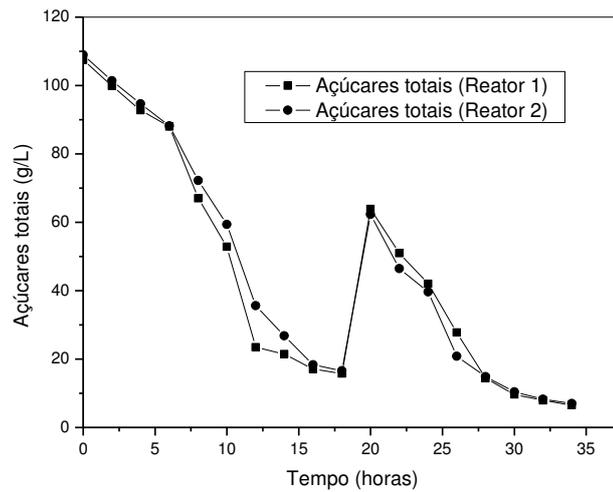


Figura 4.2 - Variação do substrato durante a fermentação alcoólica

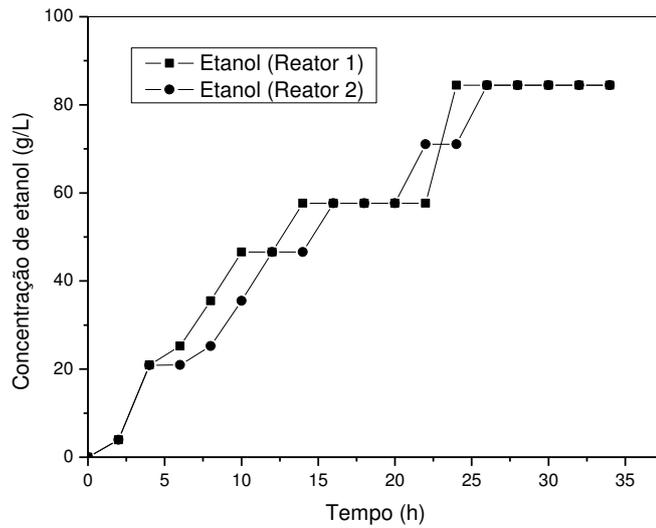


Figura 4.3 - Variação do produto durante a fermentação alcoólica

O comportamento cinético das concentrações de açúcares totais (substrato), concentração celular (biomassa) e produto (etanol) em função do tempo podem ser observados na Figura 4.4, e apresentam as principais variáveis do processo fermentativo.

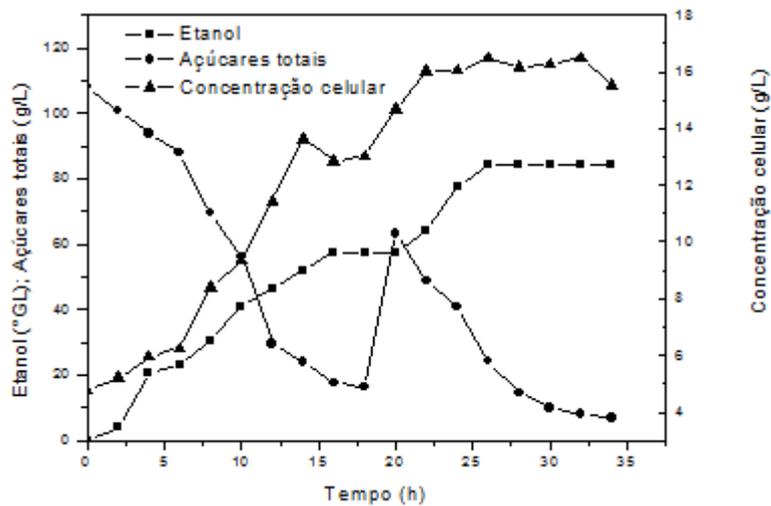


Figura 4.4 - Cinética do processo de fermentação alcoólica na produção de fermentado de caju + umbu-cajá (Valores médios)

Analisando a Figura 4.4 verifica-se que durante o processo de fermentação houve redução na concentração de açúcares totais até as 16 horas de fermentação em decorrência do consumo do substrato pelo microrganismo, até atingir níveis próximos de 16 g/L. Após o período de 16 horas adicionou-se a segunda chaptalização o que ocasionou um aumento na concentração de AST de 16,2 g/L para 63,1 g/L. A chaptalização é uma prática realizada em duas etapas visando minimizar a inibição do microrganismo pelo substrato, e já verificada nas pesquisas de Corazza, Rodrigues e Nozaki (2001), Torres Neto *et al.* (2006) e Almeida (2007).

Com o tempo de fermentação, a concentração de AST começou novamente a decrescer, devido ao consumo deste substrato na produção de etanol, e após 25 horas de fermentação a concentração de etanol já atingiu 84,47 g/L que corresponde a 10,7% em volume (Eq. A7). Valores semelhantes foram encontrados por Torres Neto *et al.* (2006), Dias, Schwan e Lima (2003) e Almeida (2007) quando produziram fermentados de caju, cajá e mandacaru, obtendo valores de 11,5, 12 e 10,4 °GL, respectivamente.

Observando ainda a Figura 4.4 observa-se que durante as 6 horas de fermentação a concentração celular aumentou lentamente, verificando-se um aumento exponencial nas primeiras 14 horas de fermentação, indicando que não houve fase de adaptação dos microrganismos ao meio. Na segunda fase da fermentação, observou-se uma nova fase exponencial, entre 17 e 26 horas de fermentação, em que ocorre um rápido crescimento celular, seguido da fase estacionária no qual o número de microrganismos permanece praticamente inalterado.

4.3 Caracterização físico-química e cromatográfica da bebida fermentada do fruto do caju + umbu-cajá

A composição físico-química da bebida fermentada do fruto do caju + umbu-cajá pode ser observada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Resultados das análises físico-químicas da bebida fermentada

Parâmetros analisados	Média ± desvio padrão
Açúcares solúveis totais (g/L)	0,33 ± 0,07
Sólidos solúveis (°Brix)	5,90 ± 0,11
Etanol (g/L); °GL (%v/v)	84,47; 10,7 ± 0,04
pH	4,0 ± 0,07

O teor residual de açúcares solúveis totais de 0,33 g/L classifica a bebida como fermentado do tipo seco, pois de acordo com Rizzon, Zanuz, e Manfredini (1994) os fermentados com até 5 g/L de açúcares totais são classificados como tipo seco.

A legislação brasileira acerca de bebidas estabelece uma graduação alcoólica de 4°GL a 14°GL para fermentados de frutas (BRASIL, 1997). Com relação ao teor alcoólico do vinho de caju + umbu-cajá produzido, verificou-se que o mesmo está dentro da especificação, ou seja, o vinho obtido apresentou uma graduação alcoólica de 10,7°GL, sendo bem próximo aos teores alcoólicos obtidos por outros pesquisadores para outros fermentados de frutas, p. ex., abacaxi das cultivares Pérola e Smooth cayenne (11,2 e 10,9°GL) (ARAUJO *et al.*, 2009), acerola (11°GL) (SANTOS *et al.*, 2005), laranja (10,6°GL) (CORAZZA; RODRIGUES; NOZAKI, 2001), caju (11,5°GL) (TORRES NETO *et al.*, 2006), cajá (12°GL) (DIAS; SCHWAN; LIMA, 2003) e mandacaru (10,4°GL) (ALMEIDA, 2007).

A bebida fermentada de caju + umbu-cajá apresentou valor de pH (4,0) superior à bebida fermentada do caju obtida por Torres Neto *et al.* (2006) e a bebida fermentada de cajá (DIAS; SCHWAN; LIMA, 2003) que foi de 3,5 e 3,3, respectivamente. O pH (4,0) confere a bebida uma maior resistência às infecções bacterianas (AQUARONE *et al.*, 2001).

O teor de SST de 5,9 °Brix observado no fermentado de caju + umbu-cajá foi abaixo dos valores reportados para o fermentado de laranja (CORAZZA;

RODRIGUES; NOZAKI, 2001) que foi de 8 °Brix e próximo ao valor observado por Almeida (2007) de 5,5°Brix ao estudar a fermentação alcoólica do mandacaru.

Na Tabela 4.7 estão os valores dos compostos voláteis, metanol e álcoois superiores do fermentado do fruto do caju + umbu-cajá.

Tabela 4.7 - Resultados da análise cromatográfica da bebida fermentada expressos em mg/L de álcool anidro

Parâmetros analisados	Média ± desvio padrão
Acetaldeído (etanal)	434,95 ± 26,23
Acetato de etila	88,15 ± 2,47
Metanol	57,50 ± 4,53
N-propanol	77,65 ± 6,72
Iso-butanol	452,30 ± 31,69
N-butanol	10,6 ± 0,85
Iso amílico	1259,2 ± 41,01
Álcoois superiores	1794,75 ± 87,33

A concentração de acetaldeído (etanal), 434,95 mg/L foi inferior ao valor encontrado no fermentado de caju, que apresentou concentração de 690 mg/L (TORRES NETO *et al.* 2006). O acetaldeído é um produto da oxidação do etanol (SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000), e também pode ser formado quando o produto for submetido à aeração (arejado ou oxidado) ou a doses elevadas de sulfitação do mosto antes da fermentação alcoólica (TORRES NETO *et al.* 2006).

Na bebida foi observada uma concentração de 88,15 mg/L de acetato de etila, que contribuem para o aroma do produto (GARRUTI, 2001). De acordo com Rizzon, Zanuz e Manfredini (1994), teores elevados de acetato de etila proporcionam gosto acético nos vinhos, prejudicial a sua qualidade. Este teor foi superior ao encontrado no fermentado de caju (46 mg/L) (TORRES NETO *et al.*, 2006) e inferior ao valor encontrado no fermentado de cajá de 250 mg/L (DIAS; SCHWAN; LIMA, 2003).

O metanol é um dos constituintes analisados mais importante, pois sua produção elevada é indesejável. Como se pode observar na Tabela 4.7, o valor do metanol no fermentado de caju + umbu-cajá (57,50 mg/L de álcool anidro) foi inferior ao máximo permitido que é de 500 mg/100 ml de álcool anidro (TORRES NETO *et al.*, 2006), demonstrando que a retirada da pectina do mosto no processo de clarificação foi eficiente.

A concentração de alcoóis superiores foi de 1794 mg/L, sendo este valor inferior a concentração máxima estabelecida pela legislação brasileira que é 4500 mg/L de álcool anidro, assim, o fermentado não ultrapassou o limite máximo permitido e foi inferior ao descrito por Torres Neto *et al.* (2006) (2114 mg/L) encontrado no fermentado de caju e superior ao valor encontrado por Dias, Schwan e Lima (2003) no fermentado de cajá (715 mg/L).

5 Conclusões

- ✓ Os frutos de caju e umbu-cajá utilizados na produção do fermentado de caju + umbu-cajá apresentaram características adequadas para o consumo “*in natura*” e para o processamento industrial.
- ✓ A levedura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) utilizada como inóculo no processo fermentativo foi eficiente na conversão da sacarose em etanol.
- ✓ A bebida fermentada de caju + umbu-cajá apresentou uma concentração de etanol (10,7°GL) dentro das especificações exigidas pela legislação brasileira, assim como a concentração metanol (57,50 mg/L de álcool anidro).
- ✓ O teor residual de açúcares solúveis totais de 0,33 g/L classificou a bebida como fermentado do tipo seco.
- ✓ O estudo cinético da produção do vinho de caju + umbu-cajá mostrou a viabilidade técnica do processo, reduzindo as perdas pós-colheita destes frutos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. **Estudo da bioconversão do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) para produção de bioprodutos**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2007. 145 p. (Tese de Doutorado).
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2008. Editora Gazeta, 2008. 136 p.
- AQUARONE, E.; ZACANARO JÚNIOR, O. Vinagres. In: AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W. (coords): **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo, v. 5, 1983.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia Industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.
- ARAUJO, K. G. L.; SABAA-SRUR, A. U. O.; RODRIGUES, F. S.; MAGALHÃES, L. R. T.; CANTO, M. W. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cv. Pérola e Smooth cayenne para a produção de vinhos: estudo da composição química e aceitabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, mar. 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo>>. acessos em 11 jul. 2011.
- BARRE, P.; BLONDIN, B.; DEQUINS, S.; FEVILLAT, M.; SABLAYORELLES, J. M.; Salmon, La levadura de Fermentación Alcocholica, IN: FLANZY, C. **Enologia: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Madrid: Mundi-Prensa e AMV, 2000, p. 274-315.
- BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV. Volume 1, 2. ed, 309 p. 2002.
- BLEINROTH, E. W. **Frutas tropicais: Caju**. In: MEDINA, J. C., v. 4. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas: ITAL, 1978-1980. 10 p.
- BRASIL, Decreto nº 2314, 4 set. 1997, Diário Oficial da União, Brasília, 05 de set., 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). IV edição.

BORZANI, W.; AQUARONE, E.; LIMA, U. A. **Engenharia bioquímica**, v. 3. São Paulo. 1983.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. de S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. de. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agrônoma**, vol. 34, n. 2, p. 139-145, 2003.

CARIOCA, J. O. B.; HILUY, J. J. F.; GAZELLI, F. Cadeia do Caju: Novas Possibilidades para o Ceará. Pesquisas FUNCAP. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 2, p. 17-21, out., 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, 320 p. 1990.

CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(3): 579-583, jul.-set. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. acessos em 09 set. 2011.

CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, ago. 2001. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. acessos em 09 set. 2011.

CRUZ, V. M. F. da. **Secagem de produtos agrícolas, obtenção de fruta passa a partir do pseudofruto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. Natal. UFRN, 1989. 101 p. Dissertação de Mestrado.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, dez. 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. acessos em 09 set. 2011.

FLORENTINO, E. R. **Aproveitamento do soro de queijo de coagulação enzimática**. 2006. 138 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química, Natal.

GARRUTI, D. S. **Compostos voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju**. 2001. 218 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

MARQUES, L. F. **Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação: desidratação osmótica e secagem para elaboração de caju passa.** Campina Grande, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Recursos Naturais.

MARTINS, M. C. P.; CUNHA, T. L.; SILVA, M. R. Efeito das condições de desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl., p. 158-165, 2008.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju.** Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 1995. 20 p.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos.** v. 4. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2001. 593 p.

LIMA, F. S.; NETO, J. T. F.; ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S. M.; CIRNE, J. R. R.; LIMA, S. A. Caracterização físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias sp* (cajarana). **Revista de Biologia e Farmácia.** Volume 07, Número 01, 2012.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 338-343, ago. 2002.

LIRA JUNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, dez. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo>>. acessos em 16 mai. 2012.

LOPES, R. V. V. **Estudo cinético da produção de vinho do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica Mill*).** Campina Grande: UFCG/CCT, 2005. 95 p. (Dissertação de Mestrado).

LOPES, W. F. **Propagação assexuada de cajá (*Spondias mombin L.*) e cajá-umbu (*Spondias spp*) através de estacas.** Areia, 1997. 47 p. (Relatório final PIBIC - CNPq).

MARQUES, L. F. **Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação: desidratação osmótica e secagem para elaboração de caju passa.** Campina Grande, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Recursos Naturais.

MARTINS, M. C. P.; CUNHA, T. L.; SILVA, M. R. Efeito das condições de desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl., p. 158-165, 2008.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 1995. 20 p.

PIRES, M. G. M. **Estudo Taxonômico e Área de Ocorrência de Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no Estado de Pernambuco**. Brasil. Recife. UFRPE, 1990. 290 p. dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MANFREDINI, S.; **Como Elaborar Vinho de Qualidade na Pequena Propriedade**, 3. ed., Embrapa: Bento Gonçalves, 1994. 36 p.

ROCHA, A. S. **Produção e avaliação físico-química da aguardente do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus – indica* Mill)**. Campina Grande: UFCG/CTRN, 2008. 76 p. (Dissertação de Mestrado).

SALTON, M. A.; DAUDT, C. E.; RIZZON, L. A. Influência do dióxido de enxofre e cultivares de videira na formação de alguns compostos voláteis e na qualidade sensorial do destilado de vinho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 302-308. dez., 2000.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 27, n. 4, p. 878-882, out.-dez. 2007.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombim*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, dez. 2010.

SANTOS, G. M. **Caracterização de Frutos de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias* spp) e Teores de NPK em Folhas e Frutos**. Areia: UFPB/CCA, 1996. 68 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba.

SANTOS, S. C.; ALMEIDA, S. S.; TOLEDO, A. L.; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. Elaboração e Análise Sensorial do Fermentado de Acerola (*Malpighia Punicifolia* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, 5º SIPAL, p. 47-50, mar. 2005.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotechnologia Industrial**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, vol. 2, 2001.

SILVA, N. S.; SILVA, B. A.; SOUZA, J. H. P.; DANTAS, V. V.; REIS, K. B.; SILVA, E. V. C. Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa (*Mangifera indica* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 05, n. 01, p. 367-378, 2011.

SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ALVES, M. A.; MELO NETO, M. L. Collecting, *ex situ* conservation and characterization of "cajá-umbu" (*Spondias mombim* x *Spondias tuberosa*) germ-plasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 51: 343-349, 2004.

SILVA, M. E. **Estudos cinéticos da fermentação alcoólica da produção de vinho e da fermentação acética de produção de vinagre de vinho de caju**. Campina Grande: UFCG/CCT/DEQ, 2004. 123 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; SOUZA, A. C. R.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 211-213, 1999.

TORRES NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, jun. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. acessos em 09 set. 2011.

TORRES NETO, A. B. **Utilização do suco de caju para produção de vinho**. Relatório de Iniciação Científica, PIBIC/CNPq, 2002, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande/PB.

TREVELYAN, W. E.; HARRISON, T. S. Dosagem de glicídeos totais pelo método de antrona. **Journal of Biochemistry**, v. 50, p. 292, 1952.

WARD, O. P. **Biología de la fermentación: Principios, proceso y productos**. Zaragoza (España). Ed. Acribia, S. A. 1991, 155 p.

APÊNDICE A

Metodologias:

AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS (AST)

Material:

- Antrona
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Glicose
- Espectrofotômetro
- Tubos de ensaio
- Balão volumétrico

Metodologia:

Conforme Tabela 1, adicionou em tubos de ensaio a solução de glicose, água destilada e depois o reagente Antrona. Este sistema foi mantido em água com gelo. Agitou os tubos e levou ao banho-maria a 100° C por 3 minutos. Resfriou e faz a leitura a 620nm em espectrofotômetro para obtenção da curva padrão.

Tabela A1 – Solução para curva padrão de açúcares solúveis totais

Tubos	Glicose (µL)	Água (µL)	Antrona (µL)
1	100	900	2000
2	200	800	2000
3	400	600	2000
4	600	400	2000
5	800	200	2000
6	1000	0	2000

Plotou em planilha as concentrações de glicose no eixo X versus as respectivas absorbâncias no eixo Y e calculou a equação da reta.

Para a prova em branco utilizou-se 1000 µL de água + 2000 µL de antrona. Para o preparo das amostras pipetou 250 µL da amostra e completou o volume para 100 mL com água destilada em balão volumétrico, homogeneizou e transferiu 100

μL da amostra preparada mais 900 μL de água destilada para tubos com 2 mL de antrona.

Aquece os tubos a 100° C por 3 minutos, esfria em água por 3 minutos e ler a 620nm em espectrofotômetro.

UMIDADE

Material:

- Estufa
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Cápsula de porcelana
- Dessecador

Metodologia:

Pipetou para a cápsula de porcelana previamente tarada 10 mL da amostra, aqueceu na estufa durante 24 horas a 105°C, até eliminação completa da umidade. Resfriou em dessecador até temperatura ambiente. Anotou-se o peso, para os cálculos.

$$\text{Umidade } (\%) = \frac{100 \times N}{P} \quad (\text{A1})$$

Onde:

N - número de gramas de umidade

P - número de gramas da amostra

SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

Material:

- Refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA)

Metodologia:

As análises de sólidos solúveis (°Brix) foram determinadas diretamente em refratômetro digital, após calibração do mesmo com água destilada.

pH

Material:

- Potenciômetro digital (Hanna, Singapura)
- Béquer de 100 mL
- Solução tampão pH 7,0
- Solução tampão pH 4,0

Metodologia:

Após calibrar o potenciômetro, transferiu-se 50 mL da solução a ser analisada, para uma béquer, imergiu-se o eletrodo na solução a ser determinado o pH, cobrindo o bulbo de vidro. Fez-se a leitura no aparelho e anotou-se o valor do pH da solução analisada. Em seguida, retirou-se o eletrodo da solução analisada, lavando-o com água destilada, deixando este imerso em um béquer contendo água destilada, e o aparelho na posição neutra para outras análises.

PROTEÍNA

Material:

- Mistura catalítica
- Ácido sulfúrico
- Ácido bórico 2%
- Hidróxido de sódio
- Fenolftaleína
- Tubo de ensaio
- Erlrmeyer
- Alaranjado de metila

- Verde de bromocresol
- Ácido clorídrico 0,1M

Metodologia:

Pesou 0,2g da amostra e colocou no tubo de ensaio. Adicionou 1,5g de mistura catalítica e 3mL de ácido sulfúrico concentrado. Colocou os tubos no digestor até atingir a temperatura de 400°C, até se tornar translúcida. Após estriar adicionou 40 mL de água destilada e 5 gotas de fenolftaleína.

Transferiu a amostra para um aparelho de destilação e acrescentou 200 mL de hidróxido de sódio. Preparou a solução receptora em um erlenmeyer colocando 10 mL de ácido bórico 2%, 4 gotas de alaranjado de metila e 6 gotas de verde de bromocresol. Procedeu-se a destilação até recolher 40 mL do destilado.

Titulou o destilado com uma solução de ácido clorídrico 0,1M. Anotou-se o volume gasto na titulação, para os cálculos.

$$\text{Proteína } (\%) = \frac{v \times 0,14 \times f}{P} \quad (\text{A2})$$

Onde:

v - volume de ácido clorídrico

P - número de gramas da amostra

f - fator de conversão

VITAMINA C

Material:

- Bureta de 50 mL
- Pipeta graduada de 1 mL
- Erlenmeyer de 125 mL
- Ácido oxálico 0,5%
- Solução de Tillmans

Metodologia:

Pipetou para o erlenmeyer 1 mL da amostra e adicionou 30 mL de ácido oxálico 0,5% gelado e promoveu agitação. Titulou com a solução de Tillmans até o ponto de virada. Anotou-se o volume gasto na titulação, para os cálculos.

$$\text{Ác. ascórbico (mg/100mL)} = \frac{V_x F_x 100}{A} \quad (\text{A3})$$

Onde:

V - volume da solução de Tillmans gasto na titulação

F - fator da solução de Tillmans

A - volume da amostra (mL)

CONCENTRAÇÃO CELULAR

A concentração celular foi determinada adotando-se o método de massa seca descrito por Florentino (2006), que consiste em separar as células do meio, secá-las e pesá-las. Com o auxílio de uma pipeta, 2 mL da amostra foram transferidos para tubos de eppendorff secos e pesados. Os tubos foram centrifugados por 30 minutos a uma rotação de 4.000 rpm e a solução sobrenadante, aspirada e desprezada. Aos tubos, contendo a levedura, foram adicionadas água destilada, e a operação de lavagem foi repetida duas vezes. Após a segunda lavagem as amostras foram colocadas numa estufa de secagem a 105°C por 24 horas e pesadas até massa constante. A massa seca foi determinada pela diferença entre a massa final (M2) e a massa inicial do tubo (M1), e essa diferença dividida pelo volume (V) de amostra utilizado (2 mL) e o resultado final multiplicado por 100, obtendo assim o resultado em g/L, conforme a Equação A4 descrita por ALMEIDA (2007):

$$X (\text{g/L}) = \frac{M1 - M2}{V} \times 100 \quad (\text{A4})$$

CONCENTRAÇÃO DE ETANOL (TEOR ALCOÓLICO)

A concentração de etanol foi obtida a partir do Ebuliômetro, que determina a porcentagem alcoólica (°GL – Graus Gay Lussac). Inicialmente montou-se o equipamento, e foi feita a calibração do equipamento com água, até a temperatura de ebulição, visto que a temperatura de ebulição do etanol é menor que a da água, a qual serve de referência para o etanol. Após isto, deixou-se escoar a água existente na caldeira para fazer a determinação da graduação alcoólica da solução desejada. Sendo assim, a porcentagem alcoólica da solução foi determinada da mesma maneira que da água.

Com a temperatura de ebulição da água e da amostra, determinou-se a concentração alcoólica da amostra, utilizando a régua de conversão. Primeiramente alinhou-se a temperatura de ebulição da água com a marca zero da escala °GL (v/v), em seguida visualizou-se diretamente a graduação alcoólica comparando a temperatura de ebulição da amostra analisada.

A partir da graduação alcoólica na escala Gay Lussac (°GL), obteve-se a concentração de etanol expressa em g/L (Equações A6 e A7). Sendo 1°GL equivalente a 1% de etanol, que por sua vez equivale a 1mL/100mL (Equação A5).

$$1^{\circ}\text{GL} \longrightarrow 1\% \text{ de Etanol} \longrightarrow \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1^{\circ}\text{GL}}{100} \quad (\text{A5})$$

$$P \text{ (g/L)} = \rho_{\text{Alcool}} \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) \times \left(\frac{^{\circ}\text{GL}}{100} \right) \times 1 \left(\frac{\text{L}}{\text{L}} \right) \quad (\text{A6})$$

$$P \text{ (g/L)} = 0,7895 \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) \times \frac{^{\circ}\text{GL}}{100} \times \frac{1000}{1} \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}} \right) \quad (\text{A7})$$

Onde:

P - Concentração de etanol (g/L)

ρ_{Alcool} - Densidade específica do etanol (0,7895 g/mL)