

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**ANDRESSA RABE MACHADO
DIANGELIS CAMILA THEODOROVSKI RIBEIRO
FABIANA BERTOLO**

DESENVOLVIMENTO DE CALDO DE CANA DESIDRATADO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2012

ANDRESSA RABE MACHADO
DIANGELIS CAMILA THEODOROVSKI RIBEIRO
FABIANA BERTOLO

DESENVOLVIMENTO DE CALDO DE CANA DESIDRATADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, da Coordenação do Curso de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr^a. Denise Milléo Almeida

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria
Nome da Coordenação
Nome do Curso



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE CALDO DE CANA DESIDRATADO
por

ANDRESSA RABE MACHADO
DIANGELIS CAMILA THEODOROVSKI
FABIANA BERTOLO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado(a) em 14 de junho de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. As candidatas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a Denise Milléo Almeida
Orientadora

Prof.^a Dr.^a Maria Helene Giovanetti Canteri
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Denise Milléo Almeida
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Prof.^o. Dr.^a Rosilene Aparecida Prestes
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Sabrina Ávila Rodrigues
Coordenadora do Curso
UTFPR- Campus Ponta Grossa

DEDICATÓRIA ANDRESSA

Dedico este trabalho as pessoas que lutam diariamente ao meu lado, transmitindo fé, amor, alegria, determinação, paciência, e coragem, tornando os meus dias mais felizes e bonitos.

Aos meus pais, Wanderli e Luis Carlos, os quais amo muito, pelo exemplo de vida e família e a Deus por tudo que me proporciona na vida.

Sem vocês eu não seria nada.

DEDICATÓRIA DIANGELIS

Dedico este trabalho de Conclusão de Curso a duas pessoas, Marlene e Allan, pelos momentos que não pude estar presente em suas vidas, pela paciência, atenção, cuidado e amor oferecido.

E por me mostrarem que é esse amor incondicional que me dá sentido à vida.

Sou extremamente feliz por poder lhes chamar de mãe e irmão.

DEDICATÓRIA FABIANA

Dedico este trabalho de Conclusão de Curso a minha família; minha mãe Amélia Bertolo, que nos momentos que mais precisei soube conter minhas angústias e me auxiliar mesmo na distância na árdua tarefa de criar minha filha e conciliar meus estudos, dedico profundamente, “in memoriam”, a meu pai, Bem Hur Bertolo, pelo apoio que tive quando precisei me afastar deles para buscar meus objetivos por nunca ter me deixado faltar nada, principalmente amor. E por fim à minha adorável filha, Manuela, que tornou-se o motivo por traz de toda a minha vontade em vencer mais uma etapa da vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por mesmo eu tendo me afastado dele na maior parte de minha faculdade, ele não se afastou de mim.

Agradeço aos meus pais, Wanderli e Luis Carlos por absolutamente tudo. Cada uma de suas ações foi uma oportunidade que eu tive para crescer e me tornar o que sou.

A minha tia Marcia Maria King Rabe por ter me ajudado e apoiado nos momentos que eu mais precisei.

A professora Dr.^a Denise Milléo Almeida pelo tempo e paciência dedicados e pelo espírito crítico o qual espero, ter adquirido.

Enfim, a todos os meus, muito obrigada que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Andressa Rabe Machado

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ser meu porto seguro, me dando força e sabedoria para elaboração desse trabalho. Agradeço a minha mãe Marlene, pela pessoa maravilhosa que é pela vida dedicada inteiramente a seus filhos Diangelis e Allan, pois cada um de seus atos me ajudaram absolutamente em tudo.

A meu irmão querido, pela paciência em ver minha ausência no convívio familiar e mesmo assim, estando ao meu lado.

A meu chefe Eliéser, pelo tempo oferecido a me retirar do serviço para realização de análises, orientações para elaboração do trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), que nos ofereceu a estrutura necessária.

E a professora Dr^a Denise Milléo Almeida, que nos orientou. Agradeço por nos oferecer tantos conhecimentos, tantas exigências e tanto carinho.

Obrigada a todos os que não mediram esforços para nos ajudar na realização dessa pesquisa.

Diangelis Camila Theodorovski Ribeiro

AGRADECIMENTO

Agradeço a minha família, principalmente meus pais que me criaram na presença de Deus proporcionando-me ter a fé que hoje possuo, e foi por essa fé que inúmeras vezes busquei a força, para a realização desse trabalho.

Agradeço ao meu esposo Pedro Sampaio e a minha filha Manuela, pela compreensão que ambos disponibilizaram nas vezes que precisei me ausentar do convívio familiar para que o presente trabalho pudesse ser concluído.

A professora Dr^a Denise Milléo Almeida, que nos orientou e ao nos oferecer seu tempo, seus conhecimentos, demonstrando caráter e satisfação em nos ensinar.

Agradeço ainda minha equipe, Andressa e Diangelis que durante todo o desenvolvimento desse trabalho estiveram presentes em muitas noites e finais de semanas para que o melhor pudesse ser apresentado.

E por fim agradeço a todos que fazem parte do meu convívio, pela força e paciência, os quais me ajudaram a chegar ao fim de mais uma jornada.

Fabiana Bertolo

RESUMO

MACHADO, Rabe Andressa; RIBEIRO, Teodorovski C. Diangelis; BERTOLO, Fabiana. **Desenvolvimento de caldo de cana desidratado**. 2012. 87. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade do processo de desidratação na manutenção da qualidade físico química e microbiológica do caldo de cana em pó. O caldo de cana foi submetido a processos de filtração e emulsificação. Caldo de cana em pó com e sem limão foram desidratados em liofilizador e caracterizados segundo o teor de lipídeos, proteínas, umidade, cinzas, cálcio e ferro, potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, compostos fenólicos totais, açúcar total, cor, contagem de mesófilos aeróbios totais e atividade de água. No processo de filtração o algodão teve maior eficiência no caldo de cana e, a membrana de éster celulose em caldo de cana em pó com e sem limão. A concentração de 2% de emulsificante apresentou maior *overrun* no processo de emulsificação do caldo de cana. O caldo de cana líquido apresentou maiores valores de umidade, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, contagem de mesófilos aeróbios totais e atividade de água. O caldo de cana em pó com e sem limão mostraram altas concentrações de lipídeos, cinzas, ferro, açúcares totais, luminosidade e croma b*. No entanto, no caldo de cana em pó foi observado maior teor de proteínas e compostos fenólicos e no caldo de cana em pó com limão foram verificados maiores valores de acidez total titulável e vitamina C. Portanto, o processo de desidratação pela liofilização do caldo de cana é possível e mostra ser mais um recurso na manutenção da qualidade e possível aumento da vida de prateleira deste produto.

Palavras-chave: Desidratação. Emulsificação. Liofilização.

ABSTRACT

MACHADO, Rabe Andressa; RIBEIRO, C. Teodorovski Diangelis; Bertolo, Fabiana. **Desenvolvimento Dehydrated Cane Juice**. 2012. 87. Completion of course work in Food Technology - Paraná Federal University of Technology. Ponta Grossa, 2012.

The objective of this study was to assess the viability of the dehydration process in the maintenance of physical-chemical and microbiological quality of sugarcane juice powder. The sugarcane juice was subjected to filtration and emulsification processes. Cane juice powder with and without lime were dehydrated in a lyophilizer and characterized according to the content of lipid, protein, moisture, ash, calcium and iron, hydrogen potential (pH), total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), vitamin C, total phenolics, total sugar, color, total aerobic mesophilic count and water activity. For the filtration cotton had greater efficiency in sugarcane juice and the cellulose ester membrane in sugar cane juice powder with and without lime. The concentration of 2% emulsifier had higher overrun in the emulsification process of sugarcane juice. The liquid cane juice had higher moisture, pH, titratable acidity, soluble solids, total aerobic mesophilic count and water activity. The cane juice powder with and without lime showed high concentrations of lipids, ash, iron, total sugars, brightness and chroma b^* . However, cane juice powder was observed higher in protein and phenolic compounds and sugar cane juice with lime powder were found higher values of total acidity and vitamin. Therefore, the process of dehydration by lyophilization the sugar cane juice and can be another feature shown in maintaining quality and can increase the shelf life of this product.

Keywords: Dehydration. Emulsification. Lyophilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Estrutura típica da cana de açúcar..... | 18 |
| Figura 2 - Produção de cana de açúcar durante o período de 1994 a 2004 | 21 |
| Figura 3 - Produção nacional de cana de açúcar (média 10 anos) de 1994 a 2004 | 21 |
| Figura 4 - Emulsão com ação tensoativa | 34 |
| Figura 5 - Estabilidade de emulsão alimentícia: (A) Dois líquidos imiscíveis separados em duas fases; (B) Emulsão da fase ii dispersa na fase i; (C) Emulsão instável progressivamente retorna ao seu estado inicial de fases separadas; (D) Surfactante se posiciona na interface entre as fases i e ii estabilizando a emulsão | 35 |
| Figura 6 - Etapas da estabilização de uma emulsão alimentícia contendo água em óleo, quando adicionado um emulsificantes..... | 36 |
| Figura 7 - Diagrama Ternário: Influencia do Emulsificante no Overrun da Emulsão do Caldo de Cana | 57 |
| Figura 8 - Diagrama Ternário: concentração de lipídeos nos tratamentos..... | 59 |
| Figura 9 - Diagrama Ternário: concentração de proteínas nos tratamentos | 60 |
| Figura 10 - Diagrama Ternário: concentração de umidade nos tratamentos | 61 |
| Figura 11 - Diagrama Ternário: concentração de cinzas nos tratamentos..... | 62 |
| Figura 12 - Diagrama Ternário: concentração de cálcio nos tratamentos..... | 63 |
| Figura 13 - Diagrama Ternário: concentração de ferro nos tratamentos..... | 64 |
| Figura 14 - Diagrama Ternário: concentração do potencial hidrogeniônico (pH) nos tratamentos | 65 |
| Figura 15 - Diagrama Ternário: concentração da acidez total titulável nos tratamentos | 66 |
| Figura 16 - Diagrama ternário: concentração de sólidos solúveis totais nos tratamentos | 68 |
| Figura 17 - Diagrama Ternário: concentração de vitamina C nos tratamentos | 69 |
| Figura 18 - Diagrama Ternário: concentração de compostos fenólicos totais nos tratamentos | 71 |
| Figura 19 - Diagrama Ternário: concentração de açúcares totais nos tratamentos .. | 72 |
| Figura 20 - Diagrama Ternário: luminosidade nos tratamentos..... | 73 |
| Figura 21 - Diagrama Ternário: croma b* sobre os tratamentos | 74 |
| Figura 22 - Diagrama Ternário: atividade de água nos tratamentos | 76 |
| | |
| Fotografia 1 - Processo de filtração do caldo de cana: (A) Algodão; (B) Membrana de Éster Celulose; (C) Membrana de Celulose Bacteriana | 40 |
| Fotografia 2 - Emulsão: (A) caldo de cana; (B) caldo de cana com limão..... | 41 |
| Fotografia 3 - Acondicionamento da emulsão em copos de polietileno sob congelamento..... | 42 |
| Fotografia 4 - Processo de liofilização da emulsão do caldo de cana..... | 43 |
| Fotografia 5 - Caldo de cana liofilizado | 43 |

| | |
|---|----|
| Fotografia 6 - Processo de extração de lipídeos: (A) Cartuchos; (B) Pesagem da amostra; (C) Adição de hexano no extrator; (D) Extrator com amostras; (E) Lipídeo extraído | 45 |
| Fotografia 7- Processo de determinação do teor de proteínas: (A) Digestão da amostra; (B) Destilação da amostra; (C) Titulação da amostra..... | 46 |
| Fotografia 8 - Determinação do teor de proteínas em equipamento Elementar: (A) Pesagem da amostra; (B) Equipamento Elementar | 47 |
| Fotografia 9 - Cápsulas com amostras dessecadas utilizadas na determinação de umidade | 47 |
| Fotografia 10 - Etapas da análise de cinzas: (A) Mufla; (B) Cadinho com cinzas | 48 |
| Fotografia 11 - Análises de minerais: (A) Etapa da digestão; (B) Absorção Atômica..... | 49 |
| Fotografia 12 - Determinação do pH do caldo de cana | 50 |
| Fotografia 13 - Refratômetro de bancada | 51 |
| Fotografia 14 - Determinação de Vitamina C no caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão..... | 52 |
| Fotografia 15 - Determinação de açúcar total pelo método fenol sulfúrico..... | 54 |
| Fotografia 16 - Higrômetro Aqua Lab. | 55 |
| | |
| Diagrama 1 – Processamento do caldo de cana de açúcar a nível industrial | 27 |
| | |
| Gráfico 1 - Curva para determinação da concentração de açúcar total | 53 |
| | |
| Quadro 1 - Produtos da Agroindústria oriundos da cana de açúcar..... | 20 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Composição do caldo de cana de açúcar | 23 |
| Tabela 2 - Planejamento experimental por modelo de mistura ternária no processo de emulsificação do caldo de cana | 40 |
| Tabela 3 - Filtrados de caldo de cana, caldo de cana em pó com e sem limão em algodão, membrana de éster celulose e celulose bacteriana..... | 56 |
| Tabela 4 - Caracterização do caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão | 58 |
| Tabela 5 - Contagem de mesófilos aeróbios totais em caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão | 75 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| CIE | <i>Commision Internationale de L'Eclairage</i> |
| DCFI | Diclorofenol Indolfenol |
| ISP | Indigenous Sugarcane Polysaccharides |
| NMP | Número Mais Provável |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| PA | Para Análise |
| PPO | Polifenoloxidase |
| PCA | Plate Count Ágar |
| SST | Sólidos Solúveis Totais |
| UFC | Unidade Formadora de Colônias |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 17 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 18 |
| 2.1 CANA DE AÇÚCAR..... | 18 |
| 2.1.1 Produção da Cana de Açúcar no Brasil..... | 20 |
| 2.2 CALDO DA CANA-DE-AÇÚCAR | 22 |
| 2.3 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR | 26 |
| 2.4 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS | 28 |
| 2.4.1 Filtração | 29 |
| 2.4.2 Liofilização | 30 |
| 2.4.3 Clarificação do Caldo de Cana | 33 |
| 2.5 EMULSÕES ALIMENTÍCIAS | 34 |
| 2.5.1 Emulsão por Aeração | 37 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
| 3.1 MATERIAL..... | 39 |
| 3.2 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA..... | 39 |
| 3.3 PROCESSO DE FILTRAÇÃO DO CALDO DE CANA | 39 |
| 3.4 ENSAIOS PRELIMINARES DA PRODUÇÃO DA EMULSÃO DE CALDO DE CANA | 40 |
| 3.5 PRODUÇÃO DA EMULSÃO DE CALDO DE CANA..... | 41 |
| 3.6 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA EM PÓ | 42 |
| 3.7 CARACTERIZAÇÃO DO CALDO DE CANA LÍQUIDO EM PÓ COM E SEM LIMÃO | 44 |
| 3.7.1 Determinação do Teor de Lipídeos..... | 44 |
| 3.7.2 Determinação do Teor de Proteína..... | 45 |
| 3.7.3 Determinação do Teor de Umidade | 47 |
| 3.7.4 Determinação do Teor de Cinzas | 48 |
| 3.7.5 Determinação do Teor de Cálcio e Ferro..... | 48 |
| 3.7.6 Potencial Hidrogeniônico | 49 |
| 3.7.7 Determinação da Concentração da Acidez Total Titulável | 50 |
| 3.7.8 Determinação da Concentração de Sólidos Solúveis Totais | 51 |
| 3.7.9 Determinação de Vitamina C | 51 |
| 3.7.10 Determinação da Concentração de Compostos Fenólicos Totais..... | 52 |
| 3.7.11 Determinação da Concentração de Açúcares Totais..... | 53 |
| 3.7.12 Determinação da Cor pelo Sistema CIE L*a*b* | 54 |
| 3.7.13 Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 3.7.14 Atividade de Água..... | 55 |
| 3.8 ANÁLISES DOS DADOS | 55 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 56 |
| 4.1 FILTRAÇÃO DO CALDO DE CANA | 56 |
| 4.2 OVERRUN DA EMULSÃO DO CALDO DE CANA | 57 |
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CALDO DE CANA, CALDO DE CANA EM PÓ E CALDO DE CANA EM PÓ COM LIMÃO | 58 |
| 4.3.1 Lipídeos | 58 |
| 4.3.2 Proteína | 59 |
| 4.3.3 Umidade | 60 |
| 4.3.4 Cinzas | 62 |
| 4.3.5 Cálcio | 63 |
| 4.3.6 Ferro | 64 |
| 4.3.7 Potencial Hidrogeniônico | 65 |
| 4.3.8 Acidez Total Titulável..... | 66 |
| 4.3.9 Sólidos Solúveis Totais..... | 67 |
| 4.3.10 Vitamina C | 68 |
| 4.3.11 Compostos Fenólicos Totais | 69 |
| 4.3.12 Açúcares Totais..... | 71 |
| 4.3.13 Cor..... | 72 |
| 4.3.13.1 Luminosidade | 72 |
| 4.3.13.2 Cromo b* | 73 |
| 4.3.14 Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais | 74 |
| 4.3.15 Atividade de água | 75 |
| 5 CONCLUSÃO | 77 |
| REFERÊNCIAS..... | 78 |

1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar (*Sacharum ssp*) é uma das gramíneas de maior cultivo nas regiões tropicais e subtropicais, devido à grande contribuição socioeconômica que sua exploração representa, em razão da grande quantidade de sacarose (SILVA,2006).

Além de produzir açúcar, álcool combustível, cachaça e servir para alimentação animal (variedades forrageiras) pode ser utilizada para a produção de garapa, também conhecida como caldo de cana, consumida imediatamente após a moagem em moedores elétricos ou manuais (SILVA, 2006).

O caldo de cana se caracteriza como um líquido opaco, com coloração que oscila entre a parda ao verde escuro, viscoso, cuja composição química é variável em função da variedade, condições edafo climáticas em que se encontra a planta, idade e sanidade. A bebida possui alto valor energético, não alcoólico, de sabor agradável, sendo popular no Brasil, devido à refrescância e sabor doce, apresentando maior consumo nos períodos mais quentes do ano (OLIVEIRA, 2006).

O caldo de cana apresenta nutrientes orgânicos e inorgânicos, pH entre 5,0 e 5,5, constituindo fonte de substrato para o desenvolvimento de microrganismos. Os principais microrganismos encontrados são oriundos do solo e dos vegetais, com destaque para os fungos filamentosos e leveduriformes, e bactérias lácticas e esporuladas (SILVA, 1990). Este aspecto mostra grande potencial de proliferação de microrganismos, ou seja, maior risco de contaminação durante a manipulação, exposição e transporte, fato que pode afetar a saúde do consumidor (VERAS, 2009).

O comércio de caldo de cana é caracterizado pela venda por ambulantes, espalhados pelas cidades brasileiras, quase sempre sem as mínimas condições higiênico sanitárias necessárias à manipulação de alimentos (FARIA, 2006).

A garapa quando estocada necessita ser clarificada, porque após a sua extração adquire coloração escura devido à oxidação de seus componentes (clorofila e polifenóis). Tal fato pode influenciar negativamente o consumidor na aquisição desta bebida (PRATI, 2005). Outros métodos são utilizados para adiar o escurecimento do caldo de cana como a pasteurização, tratamento térmico, adição de ácidos, entre outros (MARQUES, 2009).

Considerando estes aspectos este trabalho tem como intuito aumentar a vida de prateleira do caldo de cana.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade do processo de desidratação na manutenção da qualidade físico químico e microbiológica do caldo de cana em pó.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar a eficiência de membranas e fibras celulósicas para a filtração do caldo de cana;
- b) Otimizar a concentração da emulsão do caldo de cana para o processo de liofilização;
- c) Comparar a qualidade físico-química entre o caldo de cana líquido e em pó;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CANA DE AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta perene com ciclo fotossintético do tipo C4. Pertencente ao gênero *Saccharum ssp*, da família das gramíneas, composta de espécies de gramas altas perenes, oriundas de regiões temperadas quentes, tropicais da Ásia, especialmente da Índia. A parte aérea da planta é composta pelos colmos onde se concentra a sacarose e pelas pontas e folhas, que constituem a palha da cana (Figura 1) (BNDS e CGEE, 2008).

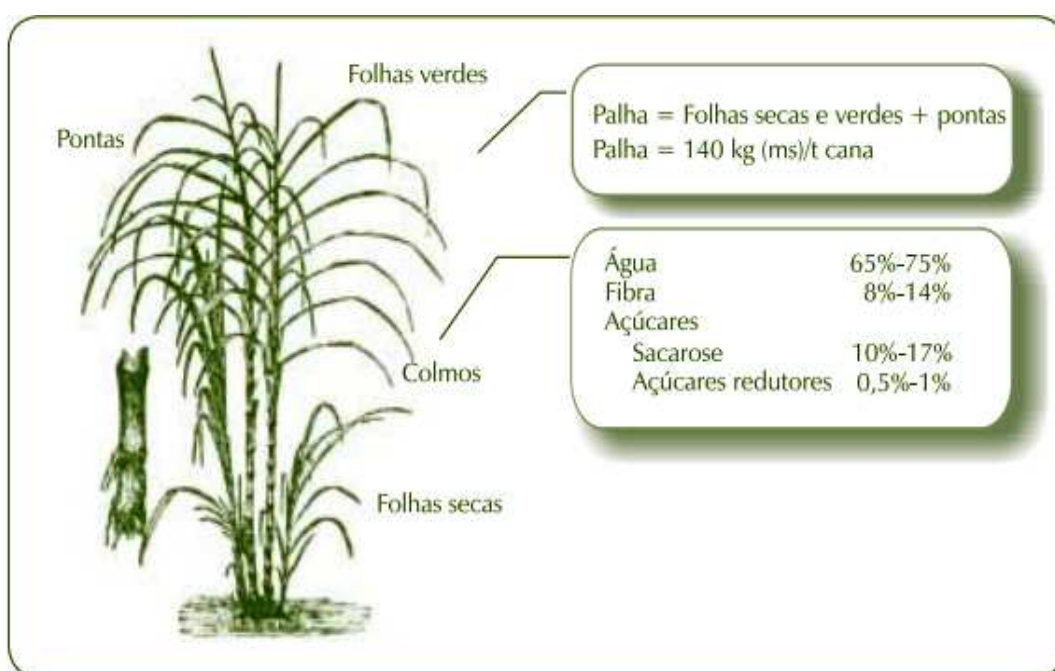


Figura 1 - Estrutura típica da cana de açúcar
Fonte: BNDS e CGEE (2008).

A cana de açúcar como matéria prima é caracterizada como colmos em estágio adiantado de maturação, sadios, recém-cortados, normalmente despontados e livres de matéria estranha. Sua composição química é variável, em função das condições climáticas, propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, tipo de cultivo, variedade, estágio de maturação e da idade (SILVA, 2006).

A produção mundial de cana de açúcar está concentrada nos países em desenvolvimento, especialmente da América Latina e Oriente Médio, e outros países como Estados Unidos da América, Austrália e Japão (PÊGAS, 2012).

O clima ideal para o cultivo da cana é o que apresenta duas estações distintas: a primeira quente e úmida, para proporcionar a germinação, o perfilhamento (formação de brotos) e o desenvolvimento vegetativo, a segunda fria e seca, para promover a maturação e o acúmulo de sacarose nos colmos (BNDS e CGEE, 2008).

Da cana de açúcar, há a extração da sacarose, produto básico para a produção de açúcar e álcool, podendo produzir o bioetanol, açúcar e eletricidade. Entre os produtos tradicionais oriundos da cana estão o melaço, aguardente, bagaço, torta de filtro e a vinhaça. Novos produtos oriundos da cana incluem os realçadores de sabor para a indústria de alimentos até plástico para embalagens (BNDS e CGEE, 2008) (Quadro 1).

| Família | Matéria - Prima | Produtos |
|---|--------------------------|--|
| Bioteconológicos: materiais produzidos com base nas funções biológicas de organismos vivos | Melaço | <ul style="list-style-type: none"> * Ácido cítrico; * Aminoácidos: lisina; * Defensivos agrícolas: Regulador de crescimento ou fitorreguladores (ácidos indolacéticos, ácido jasmônico), praguicida (biofungicidas, controlador biológico, inseticida biológico, praguicida biológico); * Fixador de nitrogênio; * Inoculo para silagem; |
| Químicos: produtos resultantes de reações químicas efetuadas com ou sem a presença de um elemento catalizador | Melaço, bagaço e Vinhaça | <ul style="list-style-type: none"> * Insumos industriais(dextrana técnica, gluconato de cálcio, manitol, sorbitol, e tensoativos biodegradáveis); * Furfural (licor de xilose, furfural, álcool furfurílico, compostos furana-epóxi, preservante de madeira, resinas de fundição); * Plástico(PHB e PHB/hI, PHA mcl/PHB hpe); * Insumos para indústrias de papel e celulose (meio para corrugar, |

| | | |
|--|--------------------------|---|
| | | pastas quimioteromômênicas, meios filtrantes); * Vinhaça concentrada; |
| Fármacos veterinários: substâncias químicas, biológicas, biotecnológicas ou de preparação manufatureira, diretamente ministrada ou misturadas aos alimentos, destinadas a prevenir e tratar as enfermidades dos animais. | Melaço e bagaço | * Preparado antidiarréico * Complexo ferro-dextrana * Probiótico |
| Alimentos | Melaço, bagaço e vinhaça | * Derivados da levedura, frutose e glicose; * Frutooligosacarídeos; * Xaropes invertidos por via enzimática; * Cogumelos comestíveis da espécie <i>Pleurotus Ostreatus</i> |
| Biológicos | Bagaço | Composto fertilizante |
| Estruturais: materiais cujas propriedades os tornam utilizáveis em estruturas, máquinas ou produtos consumíveis. | Bagaço | * Aglomerados de bagaço/cimento * Aglomerados MDF |

Quadro 1 - Produtos da Agroindústria oriundos da cana-de-açúcar
Fonte: BNDS e CGEE (2008).

A cultura da cana de açúcar é de grande versatilidade, sendo matéria prima do açúcar, da cachaça, do álcool e da rapadura. Do bagaço, faz-se o papel, a ração, o adubo e o combustível; das folhas, a cobertura morta ou ração animal. A agroindústria da cana de açúcar está integrada aos sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, envolvendo atividades agrícolas e industriais, e ainda, atua com vantagens comparativas em relação às outras matérias primas, pelo fato de ser intensiva em mão de obra com os menores custos de produção no Brasil (HAMERSKI, 2009).

2.1.1 Produção da Cana de Açúcar no Brasil

A cana de açúcar foi introduzida no Brasil pelos portugueses no período colonial, sendo uma das principais fontes de geração de recursos financeiros, em função do grande valor do açúcar no mercado internacional e, por isso, sua

produção foi incentivada pela coroa portuguesa. O primeiro engenho de açúcar do Brasil foi construído na Capitania de São Vicente, em 1533, e o segundo em Olinda, no ano de 1535. Em meados do século XVI, já existiam 60 engenhos em funcionamento no país (SANTIAGO, 2006).

Inicialmente, seu principal pólo de produção era a Zona da Mata Nordestina, tendo se expandido pela região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, ainda hoje o maior produtor, com 60% da produção nacional (MAPA, 2007) (Figura 2 e 3).

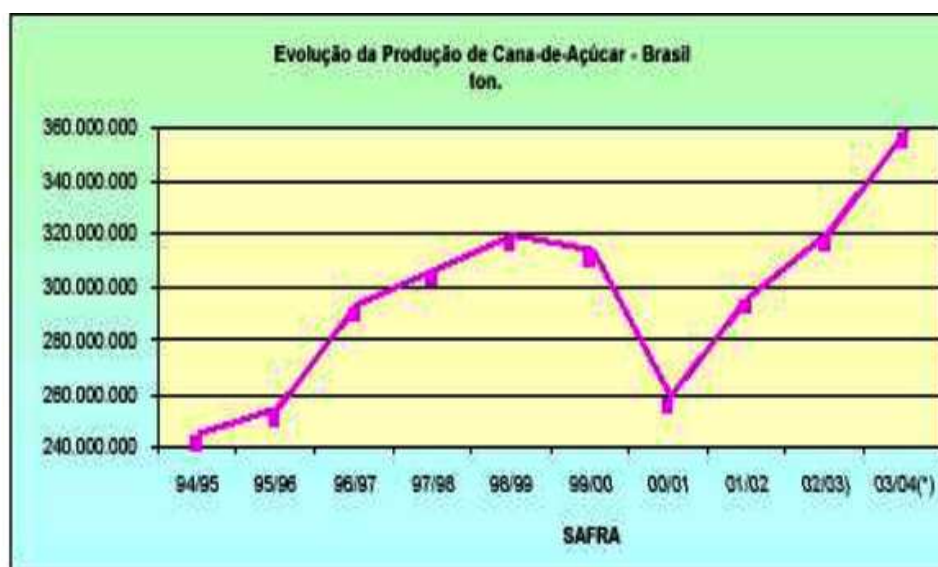


Figura 2 - Produção de cana de açúcar durante o período de 1994 a 2004
Fonte: Pegas (2012).

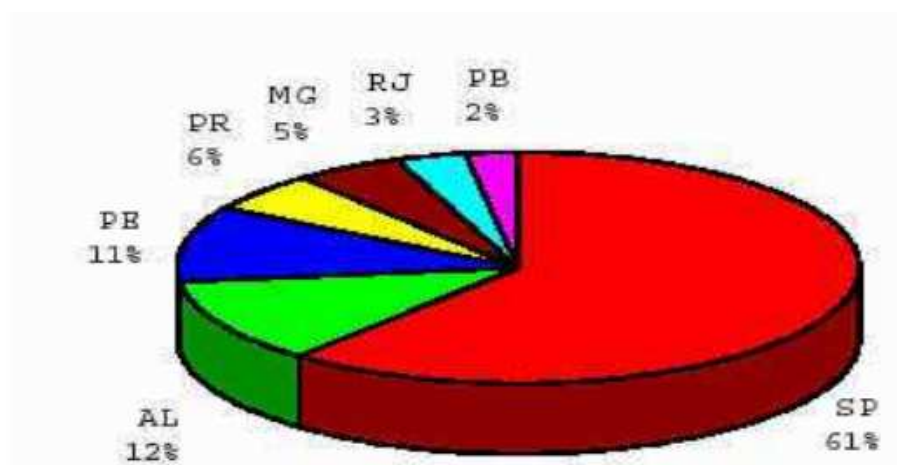


Figura 3 - Produção nacional de cana de açúcar (média 10 anos) de 1994 a 2004
Fonte: Pegas (2012).

O Brasil ocupa a primeira posição na produção de açúcar e etanol derivados de cana de açúcar no mundo e, a produção vem aumentando gradativamente. Há uma estimativa de aumento na produção total de etanol de 10,5 bilhões de litros na safra 2000/2001 para 22,9 bilhões de litros de etanol na safra 2011/2012, com produção de 36,9 milhões de toneladas de cana. Esses resultados podem ser devidos ao aumento da área plantada, às melhorias na condução das culturas e aos programas que disponibilizam novas variedades (CAMARA, 2011).

Na safra de 2011/2012 a área plantada com cana é de 8,3 milhões de hectares e, entre 2012/2013 deve crescer 4,5% na região Centro-Sul (TAGUCHI, 2012).

Neste período as regiões Norte e Nordeste apresentaram um aumento de 1,9% da área ocupada com cana, ou seja, 2.2000 hectares maiores que na safra anterior. Na região Norte o acréscimo foi em função de uma nova unidade no Tocantins. O rendimento médio para estas regiões, ao contrário do que ocorreu no Centro-Sul, foi melhor do que na safra anterior com ajuda do clima. Consequentemente a estimativa da produção apresentou um ganho de 10,6% na produção para as duas regiões (CONAB, 2011).

Responsável por 50% do açúcar comercializado no mundo, o Brasil deve alcançar taxa média de aumento da produção de 3,25%, em 2018/19, com safra de 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas (MINISTERIO DA AGRICULTURA, 2012).

2.2 CALDO DA CANA DE AÇÚCAR

Da cana de açúcar são produzidos a garapa ou caldo de cana, servido imediatamente após a moagem em moedores elétricos ou manuais (FARIA 2006).

O caldo de cana está situado entre os entrenós da fase sólida na cana de açúcar um composto bifásico sólido – líquido. A fase sólida da cana é constituída por um complexo pentoxan e lignocelulósico integrado por fibras celulósicas que formam os entrenós. A fase líquida, o caldo de cana propriamente dito, é uma solução

aquosa contendo uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos, sendo que 90% são os açúcares (HAMERSKI, 2009).

A garapa é uma bebida opaca, de coloração variável de pardo a verde escura e viscosa (MOLINA, 2007). É constituído basicamente por água e sólidos totais dissolvidos como açúcares, entre eles, a sacarose, glucose e frutose (Tabela 1) (PRATI, 2004).

Tabela 1- Composição do caldo de cana de açúcar

| CONSTITUINTE | TEOR (%) |
|--|-----------------|
| Água | 75,0 – 82,0 |
| Sólidos totais dissolvidos | 18,0 – 25,0 |
| Açúcares | 15,0 – 24,0 |
| Sacarose | 14,5 -23,5 |
| Glucose | 0,2 – 1,0 |
| Frutose | 0,0 - 0,5 |
| Não açúcares | 1,0 – 2,5 |
| Orgânicos (matéria nitrogenada, gorduras e ceras, pectina, ácidos, matérias corantes). | 0,8 – 1,5 |
| Inorgânicos (cinzas) (sílica, K, P, Ca, Mg, Na, S, Fe, Al, Cl) | 0,2 – 0,7 |

Fonte: Delgado (1975).

O caldo de cana preserva todos os nutrientes da cana, entre eles os minerais (3% a 5%) como ferro, cálcio, potássio, sódio, fósforo, magnésio, além de vitaminas do complexo B e vitamina C. Os principais componentes são água, cuja composição varia entre 65% e 75% e, sacarose correspondendo a 70% a 91% do total de sólidos solúveis. Também contém ainda glicose (2% a 4%), frutose (2% a 4%), proteínas (0,5% a 0,6%), amido (0,001% a 0,05%), ceras e ácidos graxos (0,05% a 0,015%) e pigmentos (3% a 5%) (OLIVEIRA et al.2006).

A sacarose na sua forma cristalizada é o componente de maior interesse no processamento da cana, mas susceptível a reações de decomposição em meio ácido e básico, temperatura, enzimas e microrganismos. Em meio ácido, pH <7,0, a sacarose sofre reação de inversão, resultando em açúcares redutores (glicose e frutose). O grau de inversão da sacarose, em um determinado pH, é favorecido por altas temperaturas, longos tempos de exposição e baixa concentração de sacarose na solução (HAMERSKI, 2009).

O aquecimento da sacarose, a temperaturas elevadas acima de 140°C, desencadeia um grupo complexo de reações químicas originando produtos fortemente coloridos. A termólise causa a desidratação das moléculas de açúcar com a introdução de dupla ligação e formação de anéis anidros. Ligações duplas conjugadas absorvem luz e produzem cor. Os anéis insaturados condensam-se formando polímeros de coloração escura, denominados caramelos (HAMERSKI, 2009).

A avaliação da qualidade do caldo de cana pode ser realizada pela determinação da acidez. Os ácidos orgânicos podem ser produzidos pelo próprio processo metabólico da planta, sendo uma característica intrínseca de cada cultivar de cana de açúcar. Os ácidos orgânicos presentes no caldo de cana podem também ser originados do metabolismo de bactérias durante os processos industriais (JUNIOR et al., 2010).

O ácido acético tem sido quantitativamente o principal componente da fração ácida do próprio processo metabólico da planta, sendo uma característica intrínseca das aguardentes. A contaminação da cana por bactérias acéticas eleva a acidez da aguardente, portanto, diminui a qualidade deste produto comercial. O excesso de acidez promove sabor indesejado, depreciando a qualidade da bebida (JUNIOR et al., 2010). O excesso da acidez influencia na tonalidade esverdeada do caldo de cana, tornando-se amarela (PRATI, 2005).

Na produção de açúcares as ceras são incorporadas ao caldo de cana durante o processo de extração, em maior ou menor quantidade, dependendo da temperatura da água e, por serem produtos de baixa densidade, tendem acumular na parte superior do decantador em forma de espuma. Durante a clarificação os precipitados formados arrastam parte das ceras contidas no caldo e juntamente com as espumas removem grande parte destes compostos. Lipídeos remanescentes no caldo clarificado atribuem efeitos negativos a fase de filtração do açúcar bruto durante as operações de refino (DELGADO, 1977).

A coloração do caldo de açúcar pode sofrer alterações logo após sua extração. O escurecimento está ligado à reação de Maillard entre açúcares redutores e aminoácidos presentes na cana, formando pigmento escuro a melanoidinas. As enzimas polifenoloxidase e peroxidase oxidam compostos fenólicos presentes no caldo, causando escurecimento, sendo a polifenoloxidase a

de maior atividade enzimática na garapa, e a peroxidase pouco ativa (SUZART, 2007).

Além dos pigmentos naturalmente presentes, há também substâncias orgânicas originalmente encontradas na cana de açúcar que são incolores, mas que por consequente reação e combinação com outras substâncias, formam compostos coloridos, sendo os polifenóis e os aminocompostos os de maior importância para o escurecimento (FAVERO, 2011).

Os valores de pH associados à presença de altas concentrações de açúcares, torna a garapa um produto altamente perecível em termos microbiológicos, compreendendo entre 15 e 25 °Brix e pH variando de 5 a 6 (PRATI, 2004).

Do ponto de vista tecnológico, a presença dos compostos nitrogenados, exerce influência na clarificação, formação de cristais, compostos coloridos, centrifugação e quantidade de açúcar recuperável (MANTELATTO, 2005).

As proteínas do caldo de cana apresentam diferentes pontos isoelétricos e algumas são removidas durante a clarificação, enquanto outras permanecem ao longo do processo de fabricação do açúcar. No entanto, os aminoácidos produzidos durante o processamento e aqueles originados da própria cana de açúcar, não são removidos durante a clarificação e ao combinar com os açúcares redutores formam os compostos coloridos (reação de *Maillard*) (HAMERSKI, 2009).

Os polissacarídeos são compostos de alta massa molecular e têm efeito direto na qualidade do açúcar da cana de açúcar. Eles aumentam a viscosidade das soluções de açúcar, reduzem a taxa de filtração, retardam o desenvolvimento do cristal e causam a distorção do cristal de açúcar. Os principais polissacarídeos presentes no processamento da cana de açúcar são amido, dextranas, polissacarídeos nativos da cana *Indigenous Sugarcane Polysaccharides (ISP)*, polímero de arabinose, galactose e ácido glucurônico e sarkaran (polímero de glicose) (HAMERSKI, 2009).

O caldo de cana-de-açúcar, por conter várias quantidades de nutrientes orgânicos e inorgânicos, alta atividade de água, pH entre 5,0 e 5,5 e temperatura de 25°C a 30°C, é considerado um substrato altamente nutritivo para o crescimento de uma vasta flora microbiana. Os microrganismos de importância em estudos envolvendo o caldo de cana são aqueles oriundos do solo e de vegetais, como os bolores, leveduras, bactérias lácticas e esporuladas (OLIVEIRA, 2006).

No caldo extraído da cana, os microrganismos podem ser originados não só da cana como também de focos de contaminação nas moendas e em outros equipamentos. Os manipuladores de alimentos assumem também importante papel ao atuarem como fonte de disseminação de microrganismos patogênicos, sendo um grupo de relevância epidemiológica na transmissão de enteropatógenos (OLIVEIRA, 2006).

O comércio de caldo de cana é caracterizado pela venda por meio de ambulantes, espalhados pelas cidades brasileiras, quase sempre sem as mínimas condições higiênico sanitárias necessárias à manipulação de alimentos (FARIA, 2006). O caldo de cana é vendido formalmente e informalmente em carros no centro e nas feiras livres, formas de maior risco de contaminação durante a manipulação, exposição e transporte, afetando diretamente a saúde do consumidor (VERAS, 2009).

2.3 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O processo para a produção de caldo de cana de açúcar passa por algumas etapas até a obtenção do caldo, iniciado pelo plantio, colheita, corte, carregamento e transporte. Na indústria da cana há os processos de moagem e extração do caldo (Diagrama 1).

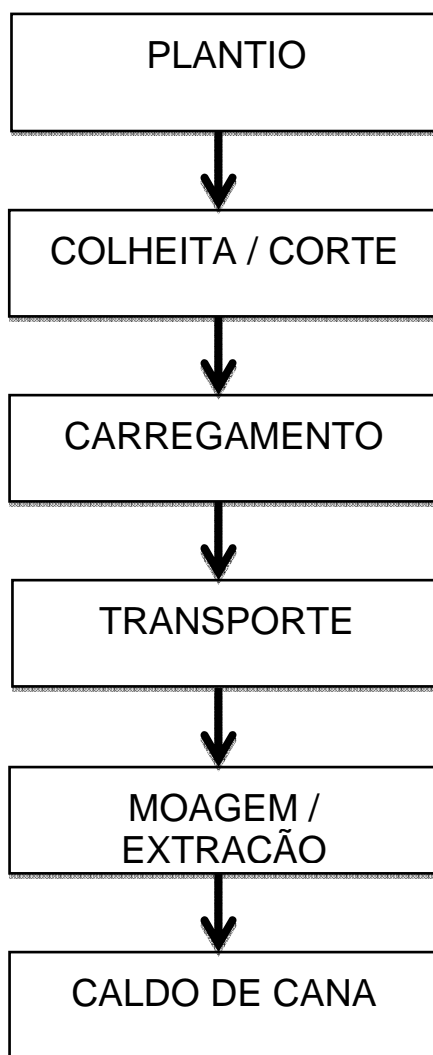


Diagrama 1 – Processamento do caldo de cana de açúcar a nível industrial
Fonte: Townsend (2000); Rossetto (2012); Marques (2001); Molina (2007).

Sua produtividade e longevidade são reguladas por diversos fatores como a variedade escolhida, fertilidade do solo, condições climáticas, práticas culturais, controle de pragas e doenças e método de colheita. A adequação destes fatores de produção é importante para a maximização da produção e longevidade do canavial (TOWNSEND, 2000).

A colheita pode ser feita rente ao solo, geralmente após a queima dos canaviais, cujo objetivo é eliminar a palha e a ponteira da cana, facilitando a colheita manual, devido ao maior acesso a cultura. A colheita pode ser realizada de forma manual ou mecânica. A colheita mecânica tem maior custo comparado com a colheita manual (SAMPAIO, 2009).

O carregamento pode ser manual ou mecanizado. O carregamento manual necessita que haja o enfeixamento prévio da cana, para que os feixes possam ser

dispostos os veículos transportadores. O carregamento mecanizado tem um rendimento muito bom, porém, é necessário que seja feito o amontoamento da cana cortada para que se forme um volume suficiente que permite a sua apreensão pelas garras hidráulicas da carregadora (MARQUES, 2001).

O transporte da cana deve ser limpo livre de vetores e pragas, em veículos dotados de cobertura para proteção da cana e nos horários mais frescos (SEBRAE, 2012).

A moagem é uma operação unitária que visa à extração do caldo de cana, presentes nos tecidos de reserva ou células parenquimatosas dos colmos, e é um fator marcante no processo reutivo (VENTURE FILHO, 2005). A extração do caldo é realizada através da moagem da cana, podendo ser esta realizada em moendas elétricas ou manuais, e em seguida, coando em peneiras. É um produto de elevado valor nutritivo, não alcoólico e muito consumido principalmente em épocas quentes, por ser refrescante (MOLINA, 2007).

O armazenamento da matéria prima deve ser evitado por se deteriorar com grande facilidade (MARQUES, 2001).

2.4 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Desde os primórdios o homem vem desenvolvendo e aperfeiçoando novos métodos de conservação de alimentos. A utilização do sal e da secagem foram os primeiros métodos e, a apertização desenvolvida por Nicolas Appert, a pasteurização em 1860, por Louis Pasteur representou grandes avanços. Os métodos térmicos foram aprimorados, constituindo em uma forma eficiente de se promover a estabilização de um alimento. Porém, há transferência de grande quantidade de energia, aumentando a agitação molecular e atuando em toda a estrutura do alimento (RAMOS, 2006).

A conservação de alimentos tem por objetivo oferecer ao consumidor, alimentos e produtos não só com qualidades nutritivas, organolépticas e de qualidade normal, mas produtos isentos de microrganismos e suas toxinas (AG - BRAGANTE, 2008).

A conservação do alimento pode ser conseguida por meio do uso de métodos drásticos (calor, concentração e desidratação), entretanto, podem resultar em produto com sabor e aroma alterado. Quando se utilizam métodos pouco agressivos de conservação é necessária à combinação de duas ou mais operações ou processos, para aumentar o tempo de vida de prateleira (AG - BRAGANTE, 2008).

Na escolha do processo de conservação é necessário considerar o tipo de alimento, o método e seus níveis de aplicação, como atividade de água, pH, identificação de parâmetros críticos (teor de lipídios insaturados, vitaminas e carboidratos), condições de estocagem, distribuição a que o produto alimentício será exposto, entre outros (CAMARGO, 2012).

O processo de maior eficiência na conservação dos alimentos é aquele com menor alteração nas propriedades do produto. Entre as formas de conservação pode-se fazer uso do calor, frio, fermentação, açúcar, aditivos, irradiação, entre outros, e os principais métodos utilizados para alimentos, são: irradiação, pasteurização, filtração, liofilização e clarificação (GAVA, 2002).

2.4.1 Filtração

A filtração pode ser definida como a separação de uma mistura heterogênea contendo um sólido e um líquido, fazendo com que o sólido fique retido num meio poroso e o líquido passe através desse meio. A força motriz do processo é uma diferença de pressão através desse meio. Desse modo, os processos de filtração são classificados em função do gradiente de pressão utilizado como gravidade, vácuo, forças centrífugas ou pressão direta. No segmento alimentício e de bebidas, a filtração frequentemente é realizada por meio de filtros, prensas, filtros rotativos ou por meio de membranas (NOVAZZI, 2008).

A diversidade de filtros abrange as necessidades de cada produto. Entre os filtros com ação esterilizantes estão a diatomita, filtro prensa, filtro de profundidade e membrana esterilizante. Os filtros que possuem terra de diatomácea como agente de filtração possui um dosador automático de terra, que adiciona a quantidade necessária para promover uma filtração perfeita, por longos períodos, sem entupimento (DIAS, 2007).

O emprego de filtração por membranas ganha espaço em aplicações na indústria de alimentos e bebidas. A capacidade de separação desse método, em temperatura ambiente e sem provocar mudança de fase, pode superar em termos de custo os processos tradicionais de filtros prensa e de filtros rotativos. Considera-se adequado a filtração por membranas sempre que o diâmetro dos poros for inferior a 5µm (NOVAZZI, 2008). Há diferentes métodos de filtração por membrana como osmose inversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração, em ordem crescente relativo ao diâmetro dos poros da membrana (EUFIC, 2005).

A aplicação da técnica de filtração por membrana oferece vantagens tanto para o consumidor como para o produtor de alimentos. A tecnologia de filtração representa uma forma eficaz para se obter uma qualidade superior e maior segurança, sem alterar as propriedades sensoriais do alimento. Eliminam os ingredientes indesejáveis como os microrganismos, borras ou sedimentos que têm um impacto negativo na qualidade. No entanto, pode encurtar algumas fases de produção e aumentar o rendimento, apresentar um elevado grau de seletividade, aumentar o nível de controle sobre o processo produtivo e possuir baixos custos energéticos (EUFIC, 2005).

Entre as membranas de celulose a celulose bacteriana é um polissacarídeo produzido por diversos microrganismos, entre eles a bactéria *Acetobacter xylinum*. A película de celulose bacteriana é produzida entre o meio de cultura e a superfície gasosa, que tem em um lado uma superfície densa, e uma camada gelatinosa do lado oposto, que está em contato com o líquido (PÉRTILE, 2007).

A celulose bacteriana difere da celulose vegetal por não conter lignina e hemicelulose, inerte, hidrofílica, alta pureza, alta resistência e tensões (elasticidade), elevada capacidade de absorção de água, cristalinidade e uma estrutura reticular ultrafina compacta de fibras entrelaçadas (PÉRTILE, 2007).

2.4.2 Liofilização

O processo de liofilização consiste em um processo de secagem do material por meio da sublimação da parte congelada a temperaturas baixas e sob vácuo. A liofilização tem por objetivo estabilizar produtos (diminuição da atividade de água) por meio de uma série de operações em que o material é submetido durante o

processamento, ou seja, congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. O produto obtido é de qualidade superior considerando outros processos de secagem, fácil hidratação e longa vida de prateleira (GARCIA, 2009).

O desempenho do processo é dependente da escolha adequada das condições operacionais e, portanto, há necessidade de uma extensiva análise de seus efeitos no tempo de processamento e na qualidade do produto obtido. Essa tecnologia foi desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas, como a secagem convencional (VIEIRA, 2012).

Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional, apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados, dependendo do alimento é possível a permanência em temperatura ambiente. Os compostos aromáticos voláteis não são absorvidos pelo vapor d'água e ficam presos na matriz do alimento, sendo possível uma retenção de 80% a 100 % do aroma do alimento. Ainda, possibilitam maior facilidade no transporte, devido à leveza e por não necessitarem de refrigeração, reduz os custos do transporte (EVANGELISTA, 2005).

A textura dos alimentos liofilizados é mantida, havendo pouco encolhimento e nenhuma formação de crosta na superfície. A estrutura porosa, formada pela saída dos cristais de gelo, permite a rápida e completa reidratação. No entanto, a estrutura se torna frágil e requer proteção contra danos mecânicos. A presença destes poros também influencia na deterioração oxidativa dos lipídeos, permitindo a entrada de oxigênio, mas este problema pode ser resolvido ao embalar o alimento com gás inerte (FELLOWS, 2006).

A liofilização propicia aumento na digestibilidade dos alimentos, devido a mudança nas estruturas quaternária e terciária das proteínas. Após a retirada de água ocorre mudança nestas estruturas devido a exposição das partes hidrofóbicas da proteína, antes protegidas no interior das estruturas terciárias e quaternárias, em função da não afinidade com a água. As alterações são mínimas em proteínas, amidos e outros carboidratos, no entanto, em algumas vitaminas há perda moderada de ácido ascórbico (vitamina C) e tiamina, enquanto nas demais, se observa perdas mínimas (EVANGELISTA, 2005; FELLOWS, 2006).

Os alimentos desidratados não são estéreis, a redução do número de microrganismos é baixa e a inativação de enzimas é parcial. Também são considerados frágeis e quebradiços, o que os torna sensíveis a danos mecânicos. A porosidade desses alimentos possibilita as reações de oxidação (de lipídeos, pigmentos, vitaminas e substâncias aromáticas) o que limita sua conservação, por isso é recomendável o acondicionamento no vácuo, em atmosferas inertes (embalados com nitrogênio), embalagens impermeáveis ao oxigênio e opacas. A umidade final varia entre 1% a 5 %, o que possibilita a conservação dos produtos por um período maior, mas desde que seja armazenado de forma correta, ou seja, em embalagens adequadas e correta manipulação. A vida útil dos alimentos liofilizados pode chegar até a um ano em temperatura ambiente (ORDÓÑEZ, 2005).

A disposição dos alimentos desidratados para reidratação é um indicativo da sua capacidade de absorver água e de chegar a um estado próximo ao do alimento original. Algumas vezes a reidratação pode ser difícil e para facilitá-la utiliza-se água quente, água ligeiramente salgada ou emprego de agentes umectantes que diminuem a tensão superficial (ORDÓÑEZ, 2005).

As limitações do processo de liofilização na indústria alimentícia estão relacionadas aos custos do equipamento e de operação. O frio para o congelamento do alimento, a condensação do vapor d'água e a manutenção de vácuo atribuem custo elevado à operação. O processo de liofilização é lento e um liofilizador de 15 m³ sublima entre 50 e 60 kg de água por hora. Portanto, o custo elevado só pode ser aceito em matérias-primas de alto valor comercial ou muito sensíveis ao calor, sendo indicadas para alimentos particulados (GARCIA, 2009).

Entre os produtos que são conservados por liofilização se destaca o café em pó, mariscos, carne, peixe, ervas aromáticas, frutas e hortaliças (morangos, framboesas, aspargos), cogumelos, alimentos infantis, leite, queijo, iogurte, ovo, condimentos, extratos solúveis e preparados como café com leite e sopas. Também são submetidas ao processo dietas completas (também chamadas de rações) onde podem se incluir refeições pré-cozidas para o uso militar, viagens espaciais, expedições, esportes específicos (GARCIA, 2009).

De acordo com Souza (2011) a técnica de liofilização consiste em três estágios o congelamento, secagem primária e secagem secundária.

O produto a ser liofilizado é congelado a baixas temperaturas, geralmente menor que -18°C e, o desempenho da liofilização e a qualidade do produto final esta

relacionado a esse estágio. Uma vez que, o tamanho e homogeneidade dos cristais de gelo formados, definem a forma, a distribuição, o tamanho e a conectividade dos poros da camada seca formada pela sublimação, influenciando nos parâmetros que caracterizam a transferência de calor e massa no produto durante a secagem primária e secundária (SOUZA, 2011).

Na fase de secagem primária a água congelada é removida por sublimação e, para que isso ocorra, o material congelado deve permanecer a uma temperatura inferior a -10°C e a uma pressão absoluta de 2 mmHg ou menos. Nessa etapa da liofilização é removida cerca de 90% da umidade inicial do produto (SOUZA, 2011).

Na secagem secundária há retirada de água que está ligada à estrutura do material, quando não existe mais água na forma de gelo. Nesta etapa a velocidade é menor que a sublimação, pois o teor de umidade é menor e a água não está livre (5% a 10% do total de água do material). Isto acontece ao aumentar a temperatura para um valor entre 20 e 50°C , mantendo-se a pressão baixa, até que a umidade residual seja baixa o suficiente (entre 2,0% e 10%) para manter a estabilidade do produto por longo tempo (SOUZA, 2011).

2.4.3 Clarificação do Caldo de Cana

A clarificação do caldo é conseguida pela remoção dos coloides do caldo, por meio da formação de um precipitado insolúvel que absorve e arrasta as impurezas coloidais, responsáveis pela turbidez do caldo. Basicamente, a clarificação é obtida por uma mudança de reação do meio (pH) e pelo aquecimento (SOEIRO, 2001).

O caldo de cana bruto é opaco, de cor amarela pardacenta a esverdeado e viscosa. As impurezas do caldo podem ser classificadas como impureza sem suspensão (terra, areia, bagacilho) e impurezas solúveis (corantes sais minerais). A opacidade é causada pelos coloides, proteínas, pectinas e compostos inorgânicos como sílica. A cor varia com o tipo de cana e com a energia do esmagamento e, é dada pela clorofila, antocianina, sacaretina e substâncias cromógenas. A viscosidade do caldo é causada por gomas, pectinas, albuminas e sílica coloidal. O pH do caldo varia de 5 a 6. A acidez aumenta nas canas queimadas,

doentes, praguejadas, cortadas a mais de 24 horas, verdes e passadas (MAGALHÃES, 2012).

Na clarificação visa-se separar do caldo a maior quantidade possível de impurezas dissolvidas e em suspensão, sem afetar a sacarose. Deve ser feita logo após a moagem para evitar a ação de fermentos e enzimas (MAGALHÃES, 2012).

Entre os métodos utilizados no processo de clarificação do caldo de cana estão a caleação, calagem ou defecação com aplicação de cal virgem (CaO), sulfitação pelo uso de anidrido sulfuroso (SO₂), fosfatação pela adição de ácido fosfórico (P₂ O₅), carbonatação com anidrido carbônico (CO₂) e uso de óxido de magnésio (MAGALHÃES, 2012).

2.5 EMULSÕES ALIMENTÍCIAS

Emulsão é um sistema heterogêneo que consiste em um líquido imiscível, completamente difuso em outro, na forma de gotículas com diâmetro superior a 0,1 micra. Na formação de uma emulsão há o requerimento de energia para manter as gotículas dispersadas na fase contínua. Este processo mostra estabilidade mínima, que pode ser aumentada pela adição de agentes tensoativos de superfície (Figura 4) (SANTOS, 2008).

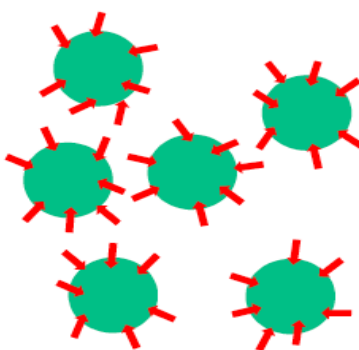


Figura 4 - Emulsão com ação tensoativa
Fonte: Lisboa (2012).

As emulsões em alimentos são complexas, pois a fase aquosa pode conter diversos ingredientes solúveis, incluindo moléculas de açúcares, sais, ácidos, bases, proteínas e carboidratos. A fase oleosa geralmente contém uma mistura de componentes solúveis, como triglicerídios, diglicerídios, monoglicerídios, ácidos graxos livres, esteróis e vitaminas. Na interface da fase óleo/água pode haver

mistura de muitos componentes 'membrana-ativos' como proteínas, fosfolípídeos, monoglicerídeos e outros surfactantes (GRANATO, 2009).

Quando dois líquidos imiscíveis são colocados em contato, existe a tendência de um dos líquidos se dispersarem no outro, na forma de glóbulos finitos, desde que haja alguma força mecânica atuando. Quando a força é cessada os dois líquidos imiscíveis irão se separar. A emulsão pode persistir por um período de tempo razoável, de alguns segundos a vários anos (LISBÔA, 2012).

A energia livre durante a formação da emulsão é usualmente positiva e por esta razão são termodinamicamente instáveis. Desta forma é indicada a utilização de proteínas e surfactantes de baixa massa molecular para conferir a emulsificação, evitando coalescência e promovendo maior permanência da emulsão. Agentes emulsificantes aumentam a sua estabilidade cinética tornando-as razoavelmente estáveis e homogêneas. No entanto, por serem instáveis, as emulsões não se formam espontaneamente, sendo necessária energia para sua formação por meio de agitação, homogeneização ou aspensão (Figura 5) (GRANATO, 2009).

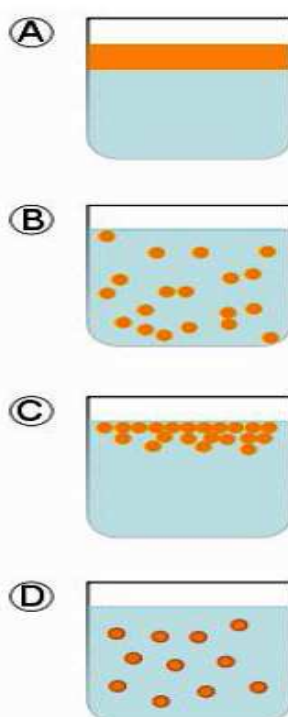


Figura 5 - Estabilidade de emulsão alimentícia: (A) Dois líquidos imiscíveis separados em duas fases; (B) Emulsão da fase ii dispersa na fase i; (C) Emulsão instável progressivamente retorna ao seu estado inicial de fases separadas; (D) Surfactante se posiciona na interface entre as fases i e ii estabilizando a emulsão

Fonte: Granato (2009).

O agente emulsificante é definido como qualquer substância capaz de ajudar a formação de uma mistura estável, a partir de duas substâncias anteriormente imiscíveis, como por exemplo, o óleo e a água. As proteínas podem atuar como emulsificantes iônicos naturais por serem moléculas anfifílicas, ou seja, as proteínas migram espontaneamente para a interface da emulsão do tipo óleo em água. A caseína do leite é a proteína mais utilizada como emulsificante (FONTES, 2012).

A adição de emulsificante a uma emulsão alimentícia contendo água e óleo é formado, na interface dos dois componentes, um filme pelas moléculas do emulsificante orientadas de acordo com a sua polaridade. Este filme irá reduzir a tensão interfacial entre os líquidos. Desta forma os líquidos imiscíveis poderão ser dispersos um no outro, através da agitação e formação de micelas (Figura 6) (SANTOS 2008).

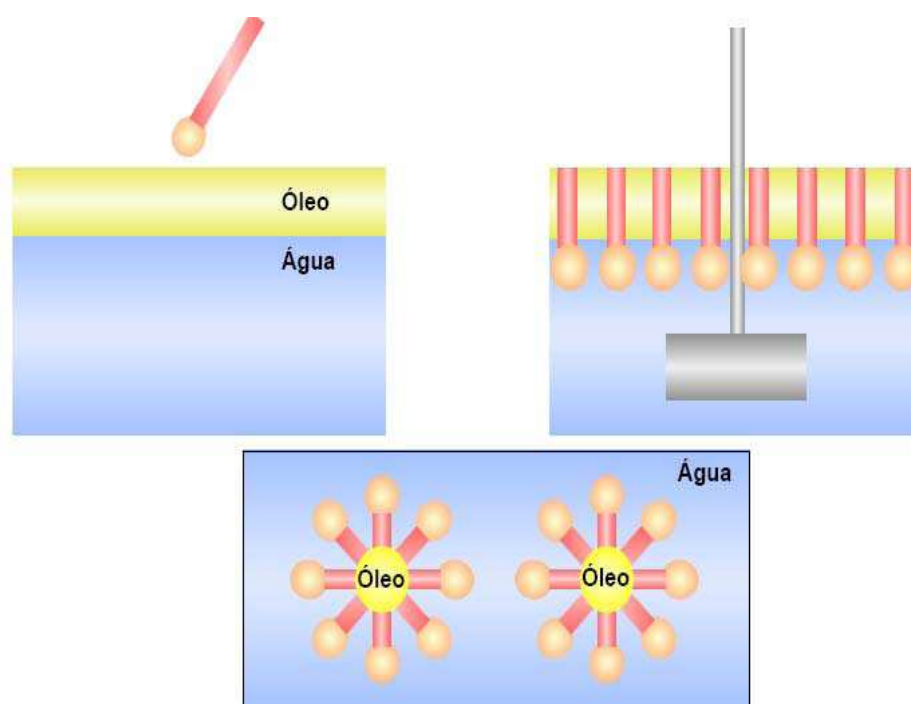


Figura 6 - Etapas da estabilização de uma emulsão alimentícia contendo água em óleo, quando adicionado um emulsificantes
Fonte: Santos (2008).

As emulsões são utilizadas por variados segmentos da indústria, como a alimentícia, farmacêutica, defensivos agrícolas; petrolífera, entre outras (SILVA, 2012).

2.5.1 Emulsão por Aeração

A espuma é uma emulsão em que um gás, geralmente o ar, permanece disperso numa fase contínua líquida ou semi-sólida como nos sorvetes, mousses e merengues. Para que ocorra a formação da espuma é necessário o emprego de energia mecânica, que pode ser batimento, agitação ou aeração. Devido à grande área interfacial gás-líquido a espuma é instável, sendo esta estabilidade dependente das propriedades mecânicas da interface formada (SOUZA, 2011).

A espuma é formada através da incorporação de ar em um sistema alimentício contendo água. Quando adicionamos um emulsificante a um sistema com água, este irá saturar a superfície do líquido até um ponto onde a tensão superficial é reduzida a um valor muito baixo. Neste momento a penetração de bolhas de ar no líquido, através da agitação, é facilitada garantindo assim uma maior aeração interna. As moléculas do emulsificante dentro do líquido terão sua porção lipofílica orientada para as bolhas de ar e a porção hidrofílica orientada externamente para o meio contínuo que é a água. Esta configuração permitirá a estabilidade da espuma formada, garantindo assim uma maior aeração interna do produto (SANTOS, 2008).

As propriedades espumantes abrangem a capacidade de formação de uma dispersão ar em água, que se deve à expansão do volume da dispersão promovida por um emulsificante, com incorporação de ar através das técnicas de batimento, agitação ou aeração. Na indústria alimentícia, a formação de espuma é aplicada em produtos como merengues, mousses e cervejas e também na produção de sorvetes (MARQUES, 2009).

Dentre os emulsificantes usados na indústria de alimentos, o Emustab tem se destacado pela ampla utilização, sendo um aditivo composto de monoglicerídeos, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60. O Emustab® é produzido com mono e diglicerídios destilados (SOARES et al., 2001).

A goma carragena é um dos agentes formadores de gel comuns em sobremesas, misturas para sorvete, sendo um componente estabilizante, que evita a separação das fases ou sinérese durante a armazenagem (GARCIA- CRUZ, 2001).

Ao mesmo tempo em que se posicionam na interface entre a gordura e a fase aquosa, os emulsificantes também reduzem a tensão superficial entre a fase

aquosa e o ar, permitindo incorporação de ar maior e mais rápida na massa. Quando o ar é introduzido na massa durante o batimento, a proteína proveniente principalmente do caldo de cana sofre um desdobramento, de tal forma que sua porção lipófila fica voltada para a fase gasosa, ou seja, para o interior das bolhas de ar, e sua porção hidrófila permanece na fase aquosa. Este filme proteico também atua na formação e estabilização da espuma, juntamente com as moléculas do emulsificante (PAVANELLI, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Caldo da cana de açúcar (*Sacharum ssp*) adquirido em vendedores ambulantes da cidade de Ponta Grossa – Paraná, emulsificante (Emustab-Selecta) e polpa de limão Brasfrut (*Citrus aurantifolia*, Swingle) foram os principais materiais utilizados neste trabalho.

3.2 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA

A cana de açúcar foi moída em moinho elétrico (Mactron) para extração do caldo e, em seguida foi acondicionado em garrafas de polietileno tereftalato, colocados em caixas de isopor com gelo e encaminhado ao laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Ponta Grossa, onde foi realizado o desenvolvimento do trabalho.

O caldo de cana foi separado em duas amostras, adicionado ou não de limão. Para a solução do caldo de cana com limão foi adicionado 6,7mL de suco de limão em 100 mL de caldo.

3.3 PROCESSO DE FILTRAÇÃO DO CALDO DE CANA

O caldo de cana foi submetido a três processos de filtração: em algodão, membrana de éster celulose e membrana de celulose bacteriana (Fotografia 1). Cada amostra foi comparada com o tratamento controle (caldo de cana sem processo de filtração).



Fotografia 1 - Processo de filtração do caldo de cana: (A) Algodão; (B) Membrana de Éster Celulose; (C) Membrana de Celulose Bacteriana
Fonte: Autoria Própria.

O índice de cor lido em densidade ótica a 420 nm foi determinado em espectrofotômetro Cintra (RIBÉREAU-GAYON e STONESTREET, 1966). O comprimento de onda a 420 nm está relacionado à cor amarela.

3.4 ENSAIOS PRELIMINARES DA PRODUÇÃO DA EMULSÃO DE CALDO DE CANA

A emulsão do caldo de cana foi induzida utilizando planejamento experimental por Modelo de Mistura Ternária (Barros Neto et al., 1995), tendo como componente o emulsificante (Emustab) nas concentrações de 1% e 1,5% e 2%, em 200 mL de caldo de cana (Tabela 2).

Tabela 2 - Planejamento experimental por modelo de mistura ternária no processo de emulsificação do caldo de cana

| Tratamentos | Emulsificante | | |
|-------------|---------------|------|-----|
| | 1% | 1,5% | 2% |
| 1 | 100 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 100 |

Fonte: Autoria Própria.

A eficiência da emulsificação foi avaliada pelo *overrun* da emulsão segundo o método de Britten e Lavoie (1992), pela relação entre o volume inicial antes da aeração e o volume da emulsão formada após aeração. Os cálculos foram realizados segundo a equação 1 e os resultados expressos em porcentagem (%).

$$\text{Overrun (\%)} = [(\text{volume final} - \text{volume inicial}) / \text{volume inicial}] \times 100$$

(Eq. 1)

3.5 PRODUÇÃO DA EMULSÃO DE CALDO DE CANA

A emulsão foi preparada com 200 mL de caldo de cana e 2% do emulsificante (Emustab), conforme resultado do planejamento experimental por modelo de Mistura Ternária (Tabela 2), com e sem adição de 6,65% polpa de limão. Os ingredientes foram homogeneizados em batedeira (Britânia), durante 9 minutos a potência 4 do equipamento (Fotografia 2).



Fotografia 2 - Emulsão: (A) caldo de cana; (B) caldo de cana com limão
Fonte: Autoria Própria.

As emulsões foram colocadas em copos de polietileno e armazenadas em ultrafreezer (Sanyo) a -80°C durante 24 horas (Fotografia 3).



Fotografia 3 - Acondicionamento da emulsão em copos de polietileno sob congelamento à -80°C

Fonte: Autoria Própria.

3.6 PROCESSAMENTO DO CALDO DE CANA EM PÓ

A emulsão do caldo de cana congelado foi conduzida ao liofilizador (Liobras - Liofilizador L 101) a -56°C , 215 Vca e $66\ \mu\text{Hg}$ por 24 horas, para que a água do produto (previamente congelada) sob condições de pressão e temperatura, passasse do estado sólido (gelo) para o gasoso (processo de sublimação), ou seja, sem passar pelo estado líquido (Fotografia 4).



Fotografia 4 - Processo de liofilização da emulsão do caldo de cana
Fonte: Autoria Própria.

Após 24 horas do processo de liofilização o produto desidratado foi retirado, triturado e acondicionado em embalagem de vidro de 500 mL, hermeticamente fechados para evitar o ganho de umidade (Fotografia 5).



Fotografia 5 - Caldo de cana liofilizado
Fonte: Autoria Própria.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DO CALDO DE CANA LÍQUIDO, EM PÓ COM E SEM LIMÃO

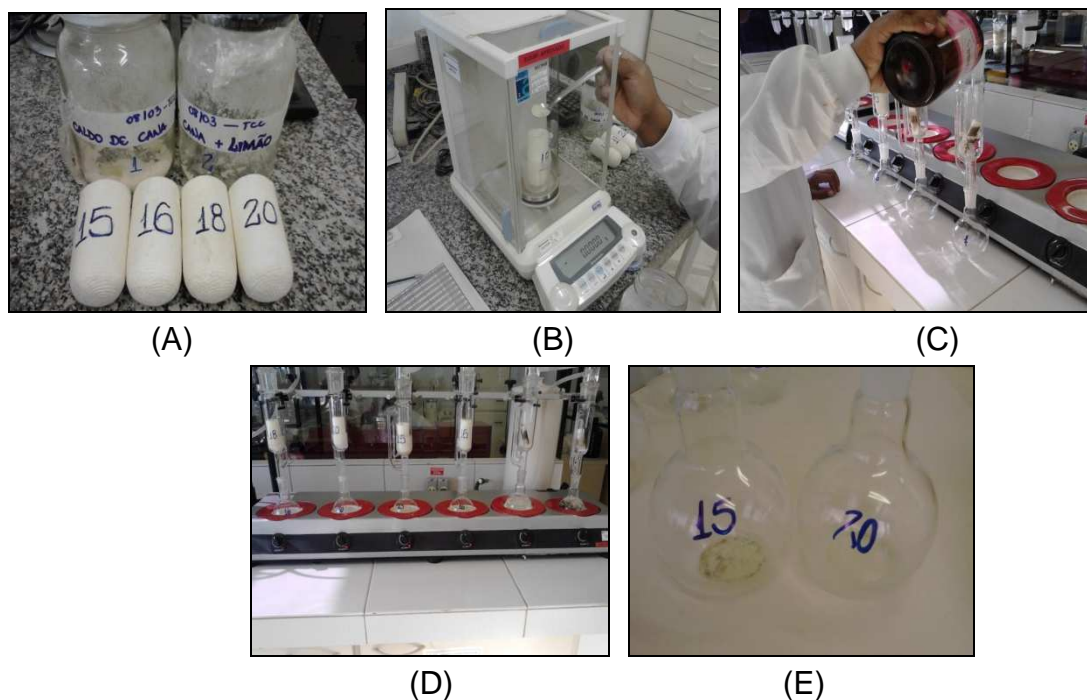
Três condições foram utilizadas: caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e o caldo de cana em pó com limão. Esses foram caracterizados segundo os aspectos do teor de lipídeos, proteínas, umidade, cinzas, cálcio, ferro, potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, compostos fenólicos totais, açúcar total, cor, contagem de mesófilos aeróbios totais e atividade de água. Todas as análises foram realizadas em triplicatas. Os caldos de cana em pó foram reconstituídos (5,004g de pó para 50 mL de água destilada).

3.7.1 Determinação do Teor de Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado segundo Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008) e pelo método de Soxhlet.

Foram pesados 3 g do caldo das amostras desidratadas em cartuchos de papel filtro e, acondicionadas em balões volumétricos de fundo chato (previamente pesados) com hexano e mantidos em mantas de aquecimento por 5 horas. Os balões foram levados a estufa a 105°C por 3 horas e pesados (Fotografia 6). O caldo de cana foi mantido em estufa (Fanem) a 105°C por 24 horas, antes da extração de lipídeos. Os cálculos foram realizados segundo a equação 2 e os resultados expressos em porcentagem (%).

$$\text{Teor de lipídeos} = \frac{\text{peso da amostra} - \text{balão vazio}}{\text{peso da amostra}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$



Fotografia 6 - Processo de extração de lipídeos: (A) Cartuchos; (B) Pesagem da amostra; (C) Adição de hexano no extrator; (D) Extrator com amostras; (E) Lipídeo extraído
Fonte: Autoria Própria.

3.7.2 Determinação do Teor de Proteína

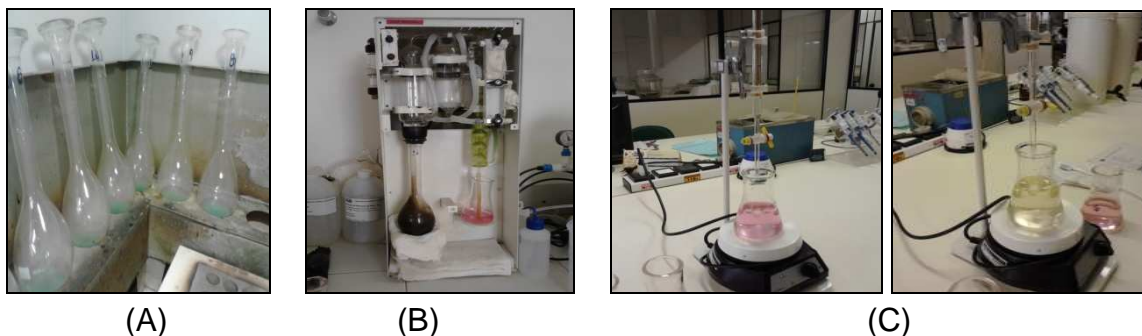
O teor de proteína foi determinado segundo Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008) e segundo método de KJELDAHL (AOAC, 1984).

Para a determinação do teor de proteína do caldo de cana foram pesados 5 mL da amostra em balão kjeldhal, adicionando-se 10 g de sulfato de sódio, 1g de sulfato de cobre, 20 ml de ácido sulfúrico PA e 20 ml de peróxido de hidrogênio 50 %, conduzindo a digestão em bloco digestor (Quimis) por 5 horas, até a clarificação da amostra. Após resfriamento, adicionou-se 70 mL de água deionizada e destilado em destilador Kjeldhal (Buchi), em Erlenmeyer de 250 ml contendo 25 ml de ácido sulfúrico 0,50N. Titulado com NaOH 0,25N até o ponto de viragem do rosa para amarelo (Fotografia 7).

Os cálculos foram realizados segundo a equação 3 e os resultados expressos em mg.L^{-1} de proteínas.

$$\text{Proteína (mg.L-1)} = [50 - \text{leitura da titulação} \times 0,25 \times 14 \times 6,25 \times 100 / \text{massa}] / 1000$$

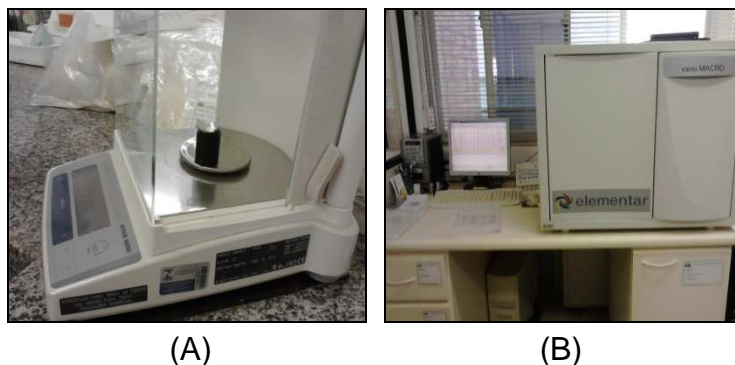
(Eq. 3)



Fotografia 7- Processo de determinação do teor de proteínas: (A) Digestão da amostra; (B) Destilação da amostra; (C) Titulação da amostra
Fonte: Autoria Própria.

Para as amostras de caldo em pó com e sem limão foram pesados 100 mg das amostras em papel estanho e colocados no equipamento de determinação de nitrogênio pelo método Dumas, descoberto em 1831 para determinar nitrogênio total. Após combustão da amostra a 950 °C são obtidos valores do teor de nitrogênio e multiplicados pelo fator de correção 6,25 resultando no teor de proteínas das amostras.

Elementar é um equipamento que resulta em análises rápidas e com boa precisão (Fotografia 8). Esse método foi validado para várias técnicas, tanto para amostras sólidas como para líquidas. O equipamento primeiramente é zerado com os gases hélio e oxigênio para retirada de impurezas. No carrossel são colocadas as amostras que vão sendo giradas e puxadas para o primeiro tubo que é o tubo de combustão, onde se encontra oxido de cobre e corundun. Este tubo se encontra em uma temperatura de 950 °C onde libera todos os gases e queima totalmente a amostra. Passando pelo tubo de combustão segue para o tubo de redução, onde contém cobre, o oxido de cobre, tungstênio e fios de prata. Após passar pelo tubo de pós-redução onde tem corundun, oxido de cobre, PT- catalisador e fios de prata para então chegar na leitura final, etapa em que um sensor de detecção vai captar a quantidade de nitrogênio que tem na amostra.



(A)

(B)

Fotografia 8 - Determinação do teor de proteínas em equipamento Elementar: (A) Pesagem da amostra; (B) Equipamento Elementar

Fonte: Autoria Própria.

3.7.3 Determinação do Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado segundo Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008).

Foram pesadas 3 gramas da amostra em cápsula de alumínio (previamente dessecadas e pesadas) e colocadas em estufa (Fanem) a 105°C por 24 horas. Em seguida foram resfriadas em dessecador e pesadas. Este processo foi repetido até obter massa constante (Fotografia 9). Os cálculos foram realizados segundo a equação 4 e os resultados expressos em porcentagem de umidade.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(\text{peso da cápsula vazio} + \text{peso da amostra}) - \text{peso da cápsula com amostra}}{\text{Peso da amostra}} \times 100$$

(Eq.4)



Fotografia 9 - Cápsulas com amostras dessecadas utilizadas na determinação de umidade
Fonte: Autoria Própria.

3.7.4 Determinação do Teor de Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008).

Foram pesadas 3 gramas da amostra em cadinhos de porcelana (previamente dessecadas e pesadas) e colocadas em mufla (Fanem) a 550°C por 5 horas, até o resíduo produzido apresentasse coloração branca ou cinza claro. Em seguida foram resfriadas em dessecador e pesadas (Fotografia 10). Os cálculos foram realizados segundo a equação 5 e os resultados expressos em porcentagem de cinzas.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{peso da amostra}) - \text{peso do cadinho com amostra} \times 100}{\text{Peso da amostra}} \quad (\text{Eq. 5})$$



Fotografia 100 - Etapas da análise de cinzas: (A) Mufla; (B) Cadinho com cinzas
Fonte: Autoria Própria.

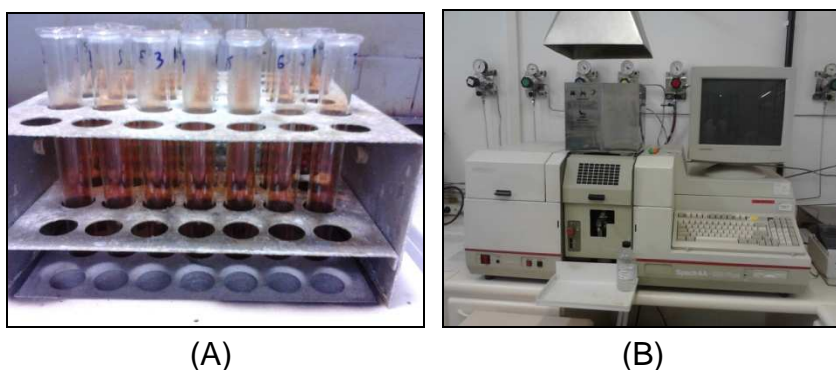
3.7.5 Determinação do Teor de Cálcio e Ferro

Os teores de cálcio e ferro foram determinados segundo métodos da Embrapa (Comunicação para transferência de tecnologia 1999) utilizando aparelho de Absorção Atômica (Varian).

Para cálcio e ferro foram pesados 0,25 g das amostras em tubos de ensaio e adicionados 4 mL de solução nitroperclórico 8:1. Esta solução foi colocada em bloco digestor aumentando gradualmente a temperatura a cada meia hora, ou seja, de 50°C até 220°C para a clarificação das amostras. Em seguida, foi adicionada 25 mL de água deionizada e filtrada em recipiente próprio e levada a leitura em absorção atômica (Varian) (Fotografia 11).

Na diluição para teor de cálcio foi adicionado 5 ml de óxido de lantânio 5% para diluição .

Para ferro não houve diluição com óxido de lantânio 5%, pois foi obtido resultado com a primeira leitura.



Fotografia 11 - Análises de minerais: (A) Etapa da digestão; (B) Absorção Atômica
Fonte: Autoria Própria.

3.7.6 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido com peagâmetro digital de bancada (Pec-2MP Tecnal) padronizado com soluções padrão de pH 4 e pH 7, diretamente em 10 mL da amostra reconstituída (solução 5,004 g da amostra em pó e 50 mL de água destilada) (Fotografia 12).



Fotografia 12 - Determinação do pH do caldo de cana
Fonte: Autoria Própria.

3.7.7 Determinação da Concentração da Acidez Total Titulável

As análises da acidez total titulável foram realizadas por titulometria de neutralização de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi utilizado 10 mL da amostra reconstituída (solução 5,004g da amostra em pó e 50 mL de água destilada) com 3 gotas de fenolftaleína em Erlenmeyer. Na bureta foi colocado 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 N e titulado até a viragem da cor, em pH 8,2, quando se considera que todo ácido cítrico na cana-de-açúcar, foi titulado.

Os cálculos foram realizados segundo a equação 6 e 7 e os resultados expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico por 100 gramas do caldo de cana reconstituída.

$$Na_1 \times Va = Na_2 \times NT \times 10$$

(Eq. 6)

Onde,

Na_1 = Normalidade do ácido

Va = Volume da amostra

Na_2 = Fator de correção do NaOH

NT = Volume gasto de NaOH

$$C(g/L) = Eq. \text{ ácido cítrico} \times Na$$

(Eq. 7)

3.7.8 Determinação da Concentração de Sólidos Solúveis Totais

Foram determinados pelo índice de refração em refratômetro (2 WAJ-970139), calibrado com água destilada e corrigido em relação à temperatura de 20°C. Foram colocadas gotas da amostra sobre o prisma do aparelho e feito a leitura (Fotografia 13). Os resultados foram expressos em graus Brix (°Brix).



Fotografia 13 - Refratômetro de bancada
Fonte: Autoria Própria.

3.7.9 Determinação de Vitamina C

O teor da concentração de Vitamina C foi determinado pelo método de Tillmans. Foram diluídos 5 mL da amostra em 50 ml de ácido oxálico a 1%. Após homogeneização, as amostras foram tituladas com 2,6 – diclorofenol indolfenol (DCFI) até a obtenção de coloração ligeiramente rosada (Fotografia 14). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g da amostra. O cálculo foi realizado segundo a equação 8.

$$\text{Ácido ascórbico} = \frac{100 \times V_i \times F}{V_a}$$

(Eq. 8)

Onde,

V_i = volume da solução de 2,6 - diclorofenol indolfenol gasto na titulação da amostra;

V_a = volume da amostra usada na titulação;

F = fator da solução de 2,6 - diclorofenol indolfenol, em mg de ácido ascórbico/mL da solução de 2,6 – diclorofenol indolfenol.



Fotografia 14 - Determinação de Vitamina C no caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão
Fonte: Autoria Própria.

3.7.10 Determinação da Concentração de Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos totais foram quantificados segundo o método de Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). Em tubo de ensaio foi adicionado 8,4 mL de água destilada, 0,1mL da amostra reconstituído (solução 5,004g do caldo de cana em pó e 50 mL de água destilada) e 0,5 mL de reativo de Folin-Ciocalteu. Decorridos 3 minutos de reação foi adicionado 1,0 mL de carbonato de sódio saturado (20%) e homogeneizados. Após 1 hora foi realizada leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-VIS (Shimadzu – Mod. UV-Mini 1240) em 720 nm. Como branco foi realizado somente com os reativos da análise. Foi utilizado catequina como padrão (200 mg.L⁻¹). O cálculo foi realizado segundo a equação 9, e os resultados foram expressos em mg.L⁻¹ de catequina.

$$\text{Compostos fenólicos totais} = \frac{\text{Leitura da amostra} \times \text{Concentração do padrão} \times \text{diluição}}{\text{Leitura do padrão}}$$

(Eq. 9)

3.7.11 Determinação da Concentração de Açúcares Totais

A determinação da concentração de açúcar total foi analisada pelo método Fenol-Sulfúrico (DUBOIS, 1956), a partir da curva de calibração (Gráfico 1).

Para a curva de calibração foi preparado uma solução estoque a partir de 0,1 g de glicose, previamente dessecado, e colocado em balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com água reagente tipo II, seguido de homogeneização. Na sequência, foi realizada novamente uma diluição, ou seja, 1 mL da primeira diluição foi adicionado em balão volumétrico de 100 mL e completado com água reagente tipo II.

A partir da solução estoque foi retirado alíquotas de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1mL e colocados em balões volumétricos de 100 mL e completado com água reagente tipo II. Foi retirado 1 mL de cada concentração e colocados em respectivos tubos de ensaios, devidamente identificados e em triplicata, e acrescentado 1 mL da solução de fenol a 5 % e 5 mL de ácido sulfúrico P.A. Esta solução foi mantida em repouso, no escuro e em temperatura ambiente, por 30 minutos. Após este período foi conduzido a leitura em espectrofotômetro UV/VIS a 480 nm (Cintra 10 CBG, São Paulo, Brasil), obtendo a equação da curva de calibração ($y = 0,146x + 0,0049$, $R^2 = 0,995$ coeficiente de correlação).

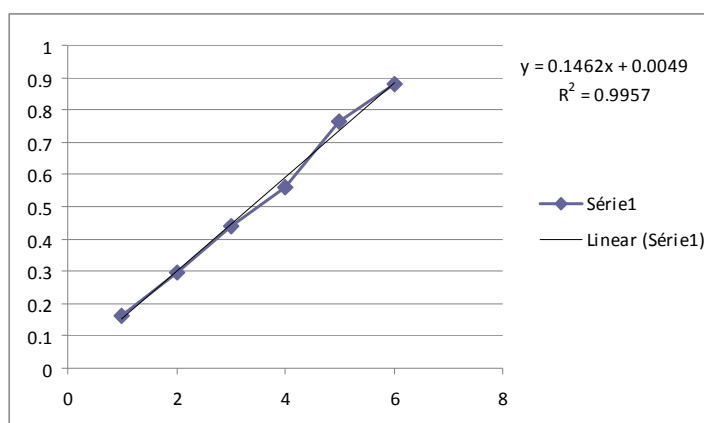
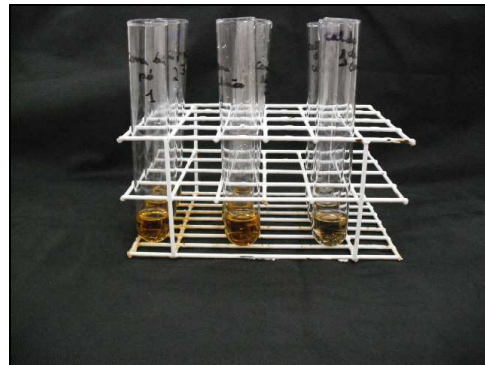
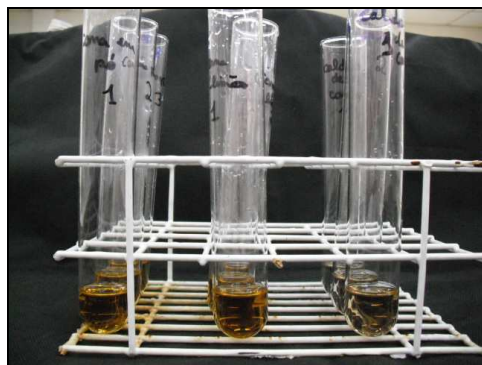


Gráfico 1 - Curva para determinação da concentração de açúcar total
Fonte: Autoria Própria

Para determinar a concentração de açúcar total foi retirado 1 mL da amostra reconstituída (solução 5,004 g do caldo de cana em pó e 50 mL de água destilada), adicionado 1 mL da solução de fenol a 5% e 5 mL de ácido sulfúrico P.A (Fotografia 15). Esta solução foi mantida em repouso no escuro e em temperatura ambiente, por

30 minutos. Após este período, foi conduzida a leitura em espectrofotômetro UV/VIS a 480 nm (Cintra 10 CBG, São Paulo, Brasil). A absorbância obtida foi aplicada sobre a equação $y = 0,146x + 0,004$ e os resultados foram expressos em g.L^{-1} de açúcar total.



Fotografia 15 - Determinação de açúcar total pelo método fenol sulfúrico
Fonte: Autoria Própria.

3.7.12 Determinação da Cor pelo Sistema CIE $L^*a^*b^*$

Para medida da cor utilizou-se Colorímetro Hunterlab de acordo com a escala $L^* a^* b^*$ ou CIELAB, recomendada pela *Commision Internationale de L'Eclairage* (CIE).

O sistema tri-axial (“tristimulus”) de cores fornece três eixos com as coordenadas L^* , a^* e b^* para determinar a coloração do caldo de cana. No eixo x a coordenada a^* varia do vermelho ($+ a^*$) ao verde ($- a^*$); no eixo y , a coordenada b^* do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$) e o eixo z corresponde às cores que vão do branco ($+L^*$) ao preto ($-L^*$). O equipamento foi calibrado com fundo branco obtendo os valores de $L = 86,22$, $a^* = -0,91$ e $b^* = -1,38$. A avaliação da coloração foi da amostra reconstituída (solução 5,004 g do caldo de cana em pó e 50 mL de água destilada), anotando a leitura de $L^*a^*b^*$.

3.7.13 Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais

As amostras em caldo e pó foram avaliadas em relação à carga microbiana, por meio da contagem total de mesófilos aeróbios (SILVA et al., 2010).

Em ambiente asséptico foram pesadas 25g da amostra e diluídas em 225 mL de água peptonada 1%. Desta primeira diluição foi retirado 1 mL e inoculado em tubo de ensaio com 9 mL do mesmo diluente, obtendo a segunda diluição. Este processo foi repetido até a diluição 10^{-4} .

A inoculação ocorreu pelo método de plaqueamento em profundidade, em meio de cultura *Plate Count Ágar* (PCA), previamente fundido e resfriado a 45°C. Completada a solidificação do meio de cultura, as placas foram invertidas e incubadas a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. A contagem das placas foi realizada com auxílio de contador de colônias (CP 600PLUS Phoenix). Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama da amostra.

3.7.14 Atividade de Água

A atividade de água foi determinada com higrômetro Aqua Lab (série 3TE) com sensor de infravermelho, com precisão de $\pm 0,003$, em temperatura ambiente de $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (Fotografia 16).



Fotografia 16 - Higrômetro Aqua Lab.
Fonte: Autoria Própria.

3.8 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey para verificar quais tratamentos diferenciam entre si e realizar comparações pareadas das médias dos tratamentos estabelecendo-se o nível mínimo de significância de 5% ($p \leq 0,05$), utilizando o programa Statistica versão 5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FILTRAÇÃO DO CALDO DE CANA.

O caldo de cana filtrado em algodão, membrana de éster celulose e celulose bacteriana obtiveram as absorvâncias de 2874,33 nm, 3279,33 nm e 3279,33 nm, respectivamente (Tabela 3). A filtração por algodão foi o processo mais rápido, com retenção dos resíduos e impurezas do caldo que podem causar uma coloração mais escura. Assim, o filtrado com algodão, obteve uma coloração mais límpida em comparação com os outros filtrados. As filtrações com celulose bacteriana e membrana de éster celulose apresentaram um tempo maior de filtração, e seus filtrados apresentaram coloração mais escura.

O caldo de cana em pó filtrado em algodão, membrana de éster celulose e celulose bacteriana apresentaram absorvância de 1250,00 nm, 0,26 nm e 2044,67 nm, respectivamente. Os tratamentos de caldo de cana em pó com limão filtrados em algodão membrana de éster celulose e celulose bacteriana obtiveram as absorvâncias de 2333,00 nm, 0,36 nm e 2327,00 nm, respectivamente (Tabela 3). Portanto, a membrana de éster celulose apresentou maior retenção de impurezas comparada aos demais tratamentos, devido à porosidade desse tipo de membrana de 0,45 μm .

Tabela 3 - Filtrados de caldo de cana, caldo de cana em pó com e sem limão em algodão, membrana de éster celulose e celulose bacteriana

| Tratamentos | Filtros | Absorvância em 420 nm |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Caldo de cana | Algodão | 2874,33±114,15 |
| | Membrana de Éster Celulose | 3279,33±446,42 |
| | Celulose Bacteriana | 3279,33±615,01 |
| Caldo de cana em pó | Algodão | 1250,00±3,00 |
| | Membrana de Éster Celulose | 0,26±0,00 |
| | Celulose Bacteriana | 2044,67±53,68 |
| Caldo de cana com limão | Algodão | 2333,00±60,62 |
| | Membrana de Éster Celulose | 0,36±0,00 |
| | Celulose Bacteriana | 2327,00±47,76 |

Fonte: Autoria Própria.

4.2 OVERRUN DA EMULSÃO DO CALDO DE CANA

A análise de overrun foi determinada pela incorporação de ar no caldo de cana por meio de batimento (agitação), promovendo a aeração da estrutura.

Foi observado overrun de 320%, 405% e 675% na emulsão de caldo de cana com 1%, 1,5% e 2% de emulsificante, respectivamente. Portanto, a proporção de 2% apresentou maior ação emulsificante.

Segundo Pavanelli (2012) ao mesmo tempo em que se posicionam na interface entre a gordura e a fase aquosa, os emulsificantes também reduzem a tensão superficial entre a fase aquosa e o ar, permitindo incorporação de ar maior e mais rápida. A presença do emulsificante, na interface óleo e água auxilia indiretamente a aeração, porque os emulsificantes impedem o contato da gordura com a proteína, o que poderia desestabilizar o filme proteico.

Marques (2009) observou através de testes preliminares realizados com caldo de cana, a necessidade da adição de pelo menos um aditivo emulsificante no caldo, já que as técnicas de homogeneização e agitação sobre o caldo de cana não foram suficientes para que o mesmo formasse espuma.

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que a emulsão com caldo de cana em pó apresentou maior overrun com adição de emulsificante a 2% (Figura 7).

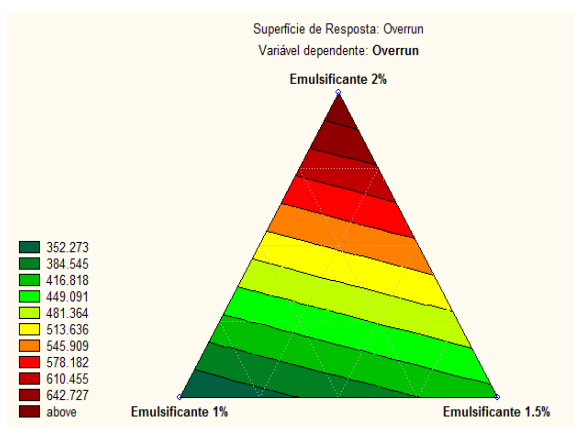


Figura 7 - Diagrama Ternário: Influencia do Emulsificante no Overrun da Emulsão do Caldo de Cana

Fonte: Autoria Própria.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CALDO DE CANA, CALDO DE CANA EM PÓ E CALDO DE CANA EM PÓ COM LIMÃO

Os resultados da caracterização dos tratamentos caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão estão apresentados na tabela 4 e, serão discutidos separadamente entre os subitens de 4.3.1 a 4.3.15.

Tabela 4 - Caracterização do caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão

| Características | Caldo de cana líquido | Caldo de cana em pó | Caldo de cana em pó com limão |
|---|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Lipídeos (mg.L ⁻¹) | 0,03 ^c ±0,00 | 2,23 ^a ±0,00 | 1,85 ^b ±0,05 |
| Proteína (mg.L ⁻¹) | 0,22 ^b ±0,02 | 0,33 ^a ±0,02 | 0,16 ^b ±0,01 |
| Umidade (%) | 69,78 ^a ±0,30 | 3,50 ^c ±0,05 | 5,22 ^b ±0,13 |
| Cinzas (%) | 0,24 ^b ±0,00 | 0,77 ^a ±0,03 | 0,92 ^a ±0,07 |
| Cálcio (mg.Kg ⁻¹) | 227,00 ^b ±8,49 | 594,00 ^a ±8,49 | 647,00 ^a ±76,37 |
| Ferro (mg.Kg ⁻¹) | 34,78 ^a ±6,39 | 112,44 ^a ±1,27 | 112,85 ^a ±24,39 |
| pH | 4,75 ^a ±0,00 | 4,18 ^b ±0,00 | 3,55 ^c ±0,00 |
| Acidez total titulável (g de ácido cítrico por 100 mL de caldo de cana) | 0,04 ^a ±0,06 | 0,04 ^a ±0,06 | 0,01 ^b ±0,01 |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 20,10 ^a ±0,00 | 6,20 ^c ±0,00 | 6,30 ^b ±0,00 |
| Vitamina C (g de ácido ascórbico por 100 mL de caldo de cana) | 0,33 ^b ±0,14 | 0,42 ^b ±0,14 | 0,83 ^a ±0,14 |
| Compostos Fenólicos (mg.L ⁻¹ de catequina) | 602,01±21,87 | 735,89±25,29 | 588,35±16,48 |
| Açúcar total (g.L ⁻¹) | 1,90 ^b ±0,71 | 5,19 ^a ±0,11 | 5,49 ^a ±0,29 |
| Luminosidade | 16,85 ^c ±0,14 | 83,03 ^a ±0,54 | 77,48 ^b ±0,11 |
| Cor b* | 7,54 ^c ± 0,07 | 12,23 ^b ±0,19 | 13,58 ^a ±0,02 |
| Contagem de mesófilos aeróbios totais (UFC.g ⁻¹) | 2,50 X 10 ⁶ | 3,60 X 10 | 6,30 X 10 |
| Atividade de água | 1,00±0,00 | 0,26±0,01 | 0,34±0,01 |

Fonte: Autoria Própria.

4.3.1 Lipídeos

Os tratamentos de caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram diferenças significativas confirmadas pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os tratamentos apresentaram valores de $0,03 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, $2,23 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $1,85 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídeos no caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente.

Foi observado um aumento de 73,33% no tratamento do caldo de cana em pó, com $2,23 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídeos para caldo de cana, o que indica ter sido pela adição do emulsificante (Emustab), onde a concentração de gorduras totais e saturadas é de 2,3 g e 2 g respectivamente em 200g de emulsificante.

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maior concentração de lipídeos (Figura 8).

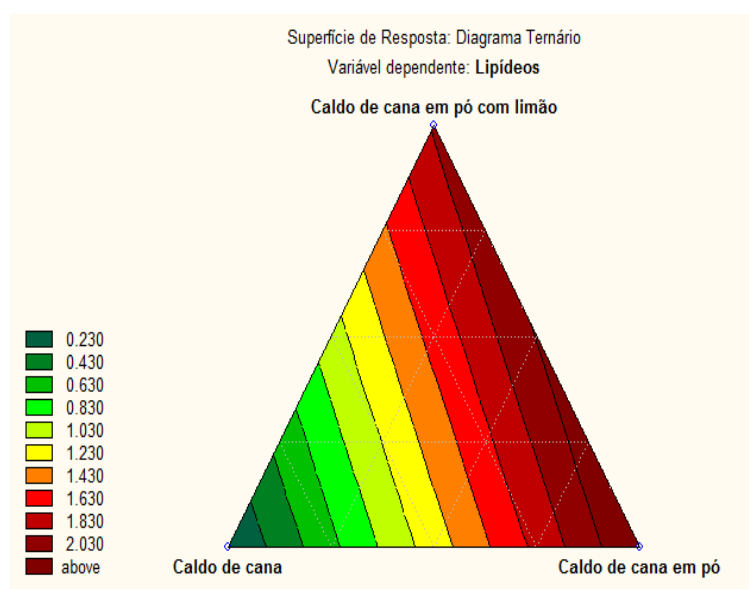


Figura 8 - Diagrama Ternário: concentração de lipídeos nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.2 Proteína

Os tratamentos de caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram diferenças significativas confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os tratamentos apresentaram $0,22$, $0,33$ e $0,16 \text{ mg}\cdot \text{L}^{-1}$ para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente.

Oliveira (2007), verificou um teor médio de proteína de 0,21 mg.L⁻¹ no caldo de cana com adição de suco de limão, semelhante ao encontrado nesse trabalho, possivelmente pela variedade da cana de açúcar utilizada para obtenção do caldo. Segundo Silva (2006) a composição química da cana de açúcar é variável, em função das condições climáticas, propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, tipo de cultivo, variedade, estágio de maturação e da idade.

Por meio do diagrama ternário foi observada maior concentração de proteínas no caldo de cana em pó (Figura 9).

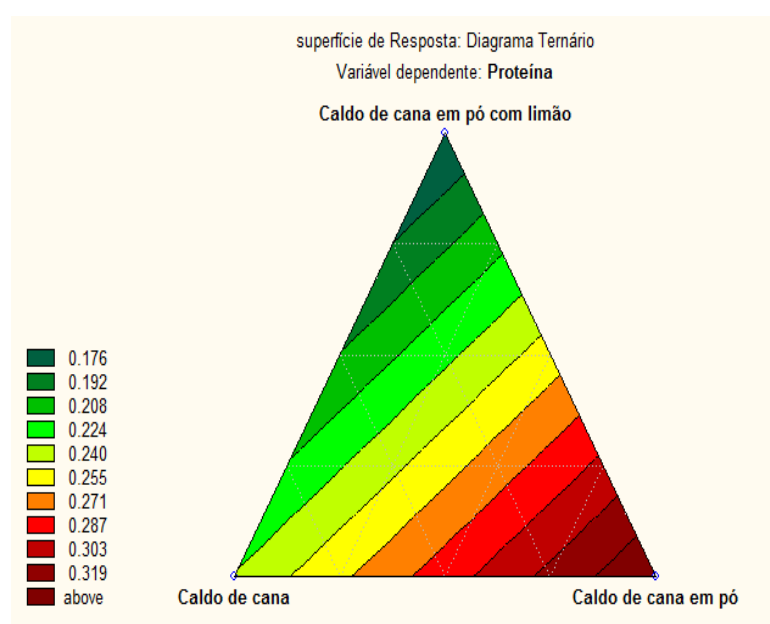


Figura 9 - Diagrama Ternário: concentração de proteínas nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.3 Umidade

Os valores de umidade no caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão foram afetados significativamente pelo processo de liofilização, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores de umidade verificados foram de 69,78%, 3,50% e 5,22% para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana com limão, respectivamente. No entanto, houve redução da umidade em média de 93,75% no caldo de cana em

pó, em relação ao caldo de cana, possivelmente pelo processo de liofilização (Tabela 4).

Segundo Garcia (2009) a liofilização tem por objetivo estabilizar produtos (diminuição da atividade de água) por meio de uma série de operações em que o material é submetido durante o processamento, ou seja, congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. O produto obtido é de qualidade superior considerando outros processos de secagem, fácil hidratação e longa vida de prateleira.

Para Ordóñez (2005) em alimentos liofilizados a umidade final varia entre 1% a 5 %, o que possibilita a conservação dos produtos por um período maior, mas desde que seja armazenado de forma correta, ou seja, em embalagens adequadas e correta manipulação. A vida útil dos alimentos liofilizados pode chegar até a um ano em temperatura ambiente.

Marques (2009) verificou 81,48% de umidade em caldo de cana, ou seja, valor superior ao encontrado neste trabalho.

Por meio do diagrama ternário foi observado que o caldo de cana apresentou maior concentração de umidade (Figura 10).

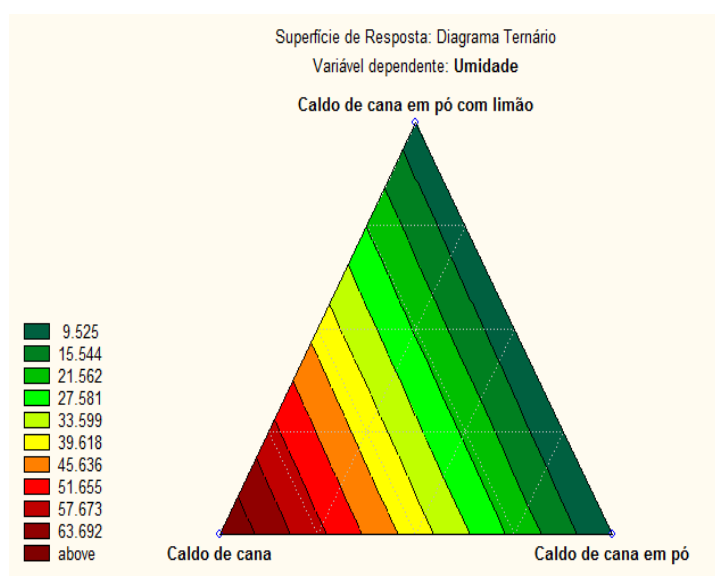


Figura 10 - Diagrama Ternário: concentração de umidade nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.4 Cinzas

Os valores de cinzas entre os tratamentos foram de 0,24%, 0,77% e 0,92% para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente (Tabela 4).

Os teores de cinzas não mostraram diferenças entre os tratamentos de caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Foi observado um aumento no teor de cinzas de 220,83% de caldo de cana para caldo de cana em pó, possivelmente pelo processo de liofilização.

Umebara (2010) verificou um teor de cinzas de 0,13% e 0,16% em lote I e lote II de caldo de cana *in natura*, respectivamente. No entanto, valores maiores foram encontrados nesse trabalho, possivelmente pela concentração de caldo na amostra.

Por meio do diagrama ternário, pode-se observar que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maior concentração de cinzas (Figura 11).

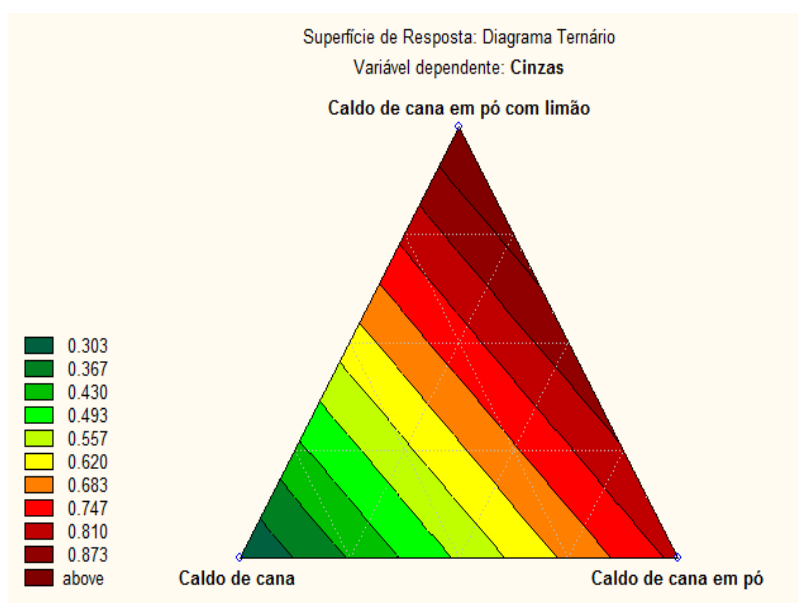


Figura 11 - Diagrama Ternário: concentração de cinzas nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.5 Cálcio

Os tratamentos não apresentaram diferença significativa no teor de cálcio para o caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores foram de 227,00 mg.Kg⁻¹, 594,00 mg.Kg⁻¹ e 647,00 mg.Kg⁻¹ no caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente. Foi observado aumento de 185,02% no tratamento do caldo de cana em pó com limão, em relação ao caldo de cana, o que indica ter sido pela adição de polpa de limão na amostra, pois a marca Brasfrut utilizada possui concentração de 41mg de cálcio em 100g de polpa de limão.

Segundo Nogueira et al. (2009) ao contrário do que ocorre com alguns compostos orgânicos, destruídos durante a cocção dos alimentos, com a maioria dos minerais isso não acontece. Sua concentração no produto final pode ser até maior, caso haja concentração da matéria prima, como ocorre com o melado.

Oliveira (2007) encontrou 0,30 g.kg⁻¹ de teor de cálcio para caldo de cana com adição de suco de limão, no entanto valor maior foi encontrado nesse trabalho.

Por meio do diagrama ternário, foi observado que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maior concentração de cálcio (Figura 12).

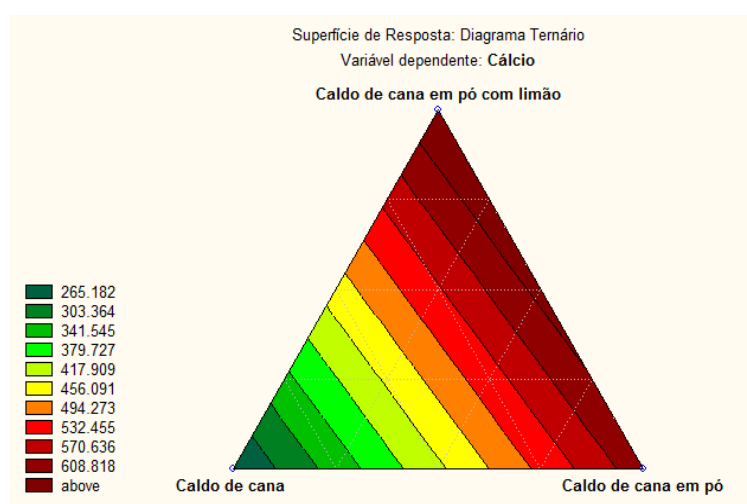


Figura 12 - Diagrama Ternário: concentração de cálcio nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.6 Ferro

Os tratamentos não apresentaram diferenças no teor de ferro, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores de ferro entre os tratamentos foram de 34,78 mg.kg⁻¹, 112,44 mg.kg⁻¹ e 112,85 mg.kg⁻¹ para o caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente.

Valor de 0,006% de ferro para caldo de cana foi encontrado por Favero (2011), inferior ao encontrado nesse trabalho, possivelmente pela diferença na concentração da amostra de caldo.

Nogueira et. al. (2009), encontraram 2,30 e 31,0 mg.Kg⁻¹ de ferro em melados fabricados com caldo de cana. Valores maiores foram encontrados nesse trabalho para caldo de cana, possivelmente pela variedade da cana de açúcar ou contaminação durante a moagem do caldo.

Por meio do diagrama ternário, pode-se observar que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maior concentração de ferro (Figura 13).

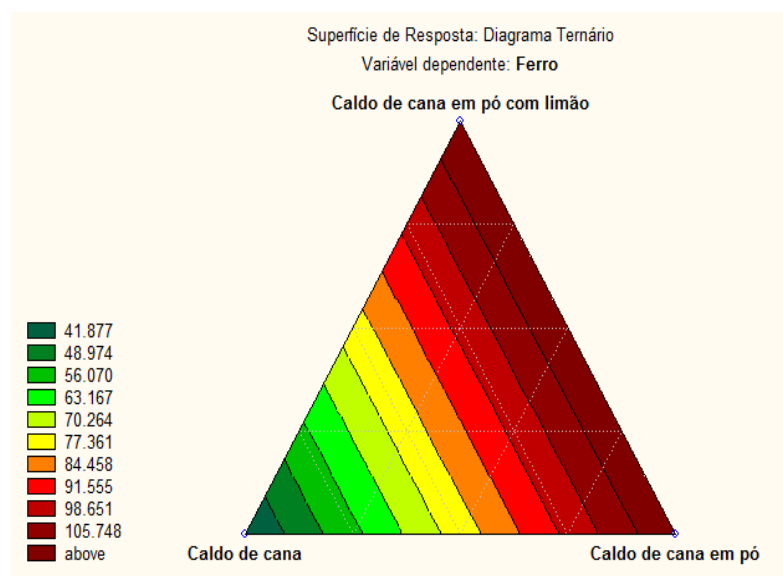


Figura 13 - Diagrama Ternário: concentração de ferro nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.7 Potencial Hidrogeniônico

Foram observadas diferenças significativas nos valores de pH para caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores de pH foram de 4,75, 4,18 e 3,55 para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente. Foi observado redução do pH de 25,26% no tratamento do caldo de cana em pó com limão em relação ao caldo de cana.

A diferença observada entre os tratamentos se deve possivelmente pela adição do limão no tratamento de caldo de cana em pó com limão e, não do processo de liofilização.

Prati (2005) e Oliveira (2007) verificaram pH médio de 3,91 e 3,62 no caldo de cana com limão, respectivamente. Valor menor foi encontrado nesse trabalho, possivelmente pela diferença na concentração de limão adicionado na emulsão do caldo de cana.

Por meio do diagrama ternário, observa-se que o caldo de cana líquido apresentou maior valor de pH (Figura 14).

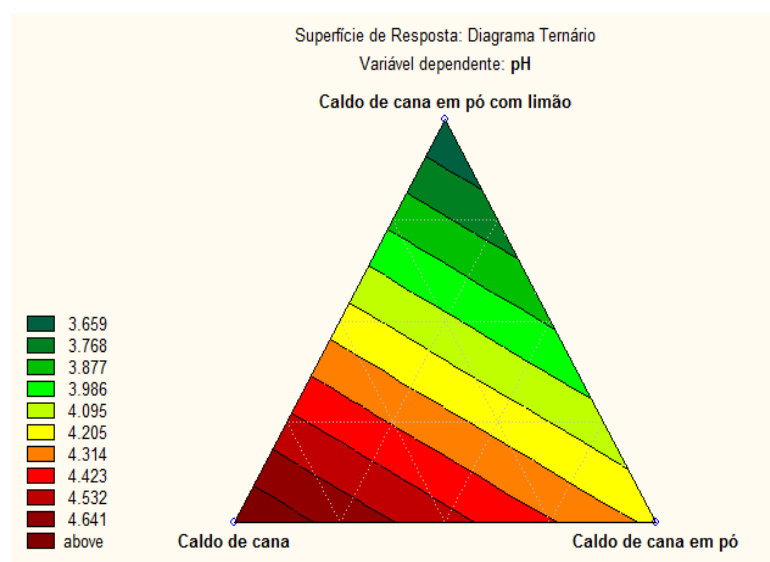


Figura 14 - Diagrama Ternário: concentração do potencial hidrogeniônico (pH) nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

cítrico, respectivamente. Valores menores na acidez total titulável foram encontrados por Prati e Moretti (2005) de 0,15 % de ácido cítrico em caldo de cana.

4.3.9 Sólidos Solúveis Totais

A concentração de sólidos solúveis totais mostrou diferença entre os tratamentos de caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores de sólidos solúveis totais encontrados foram cerca de 20,10°Brix, 6,20°Brix e 6,30°Brix para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão respectivamente. Ao comparar os tratamentos em pó com o caldo de cana foi observada redução de 69,16% no tratamento de caldo de cana em pó e 68,66 % no tratamento de caldo de cana em pó com limão na concentração de sólidos solúveis totais. Essas reduções podem ter ocorrido devido ao processo de emulsificação por aeração, quando diminuiu a concentração do caldo pela diluição e entrada de ar na estrutura (SANTOS, 2008).

O processo de liofilização não deve ter afetado as concentrações dos sólidos solúveis totais, pois os dois tratamentos submetidos à liofilização não apresentaram diferenças significativas. Segundo Evangelista (2005) os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional.

Por meio do diagrama ternário, foi observado que o caldo de cana líquido apresentou maiores valores dos sólidos solúveis totais (Figura 16).

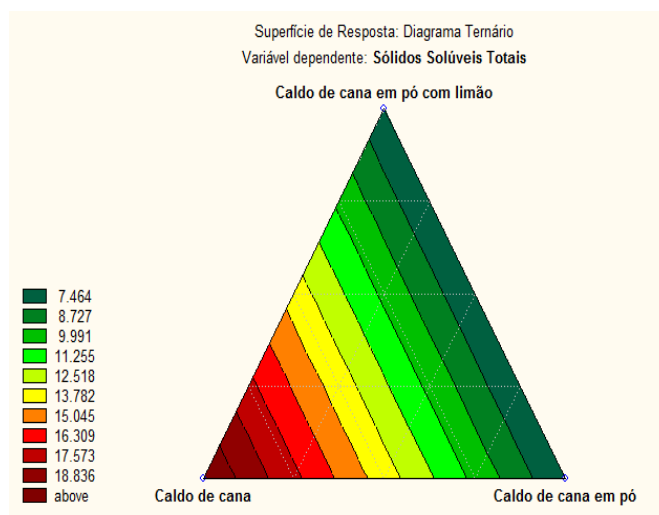


Figura 16 - Diagrama ternário: concentração de sólidos solúveis totais nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

Prati (2005) elaborou uma bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada estabilizada e sucos de frutas ácidas, verificou que em todos os tratamentos, garapa, garapa com suco de limão, garapa com suco de abacaxi e garapa com suco de maracujá houve diferenças significativas em valores de °Brix, com valores de 22,80, 21,90, 22,10 e 22,60, respectivamente. Martins (2004) analisando diferentes variedades de garapa observou variações do grau Brix de 22 a 23,7. Valores próximos foram encontrados neste trabalho, com 20,1° Brix para caldo de cana. No entanto, Silva (2006) e Marques (2009) encontraram valores menores no caldo de cana com 19° Brix e 18,25° Brix, respectivamente.

4.3.10 Vitamina C

Foi observado que não houve diferenças significativas nos tratamentos de caldo de cana líquido e caldo de cana em pó para o teor de vitamina C, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Os valores de vitamina C entre os tratamentos foram de 0,33, 0,42 e 0,83 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, para o caldo de cana líquido, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente. O aumento de 251,51% no teor de vitamina C foi verificado no caldo de cana em pó com limão, em relação ao caldo de cana, sugerido pela adição de limão na amostra.

Pedrão et. al. (2012) verificou teor médio de vitamina C no limão de $0,34 \text{ mg.100mL}^{-1}$. No entanto, valores maiores foram encontrados neste trabalho, possivelmente pela variedade da cana de açúcar utilizada.

Valores maiores foram encontrados por Prati (2005) com teor de 10,45 e $12,73 \text{ mg.100mL}^{-1}$ de ácido ascórbico para o caldo de cana e caldo de cana com limão.

Por meio do diagrama ternário, foi observado que o caldo de cana em pó com limão apresentou maior concentração de vitamina C (Figura 17).

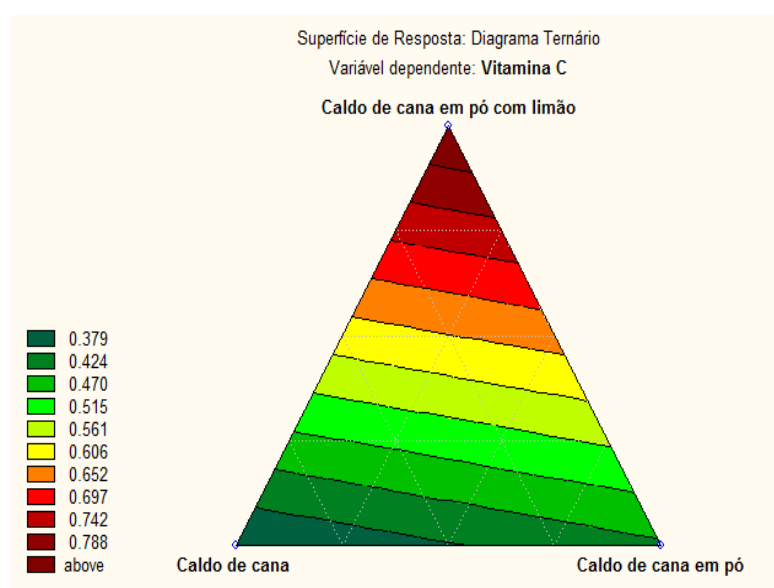


Figura 17 - Diagrama Ternário: concentração de vitamina C nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.11 Compostos Fenólicos Totais

Os tratamentos apresentaram variação do teor de compostos fenólicos, porém sem diferença significativa, confirmado pelo teste de Tukey (Tabela 4). A concentração de compostos fenólicos totais foram de $602,01$, $721,76$ e $588,35 \text{ mg.L}^{-1}$ de catequina, no caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pós com limão, respectivamente.

O tratamento de caldo de cana em pó com limão teve uma redução de 2,27% do teor de compostos fenólicos totais com relação ao caldo de cana líquido, possivelmente pela reação de escurecimento enzimático. Segundo Nogueira et al.

(2003), durante o processamento, a concentração de fenóis pode ser modificada pela reação de escurecimento enzimático devido à ação da enzima polifenoloxidase (PPO) e pela formação de precipitados. A oxidação enzimática pode ser bloqueada pela utilização de aditivos antioxidantes como o dióxido de enxofre e o ácido ascórbico, que podem atuar na inibição da enzima, ou interagir com intermediários da oxidação enzimática ou mesmo como agentes redutores, reconvertendo as quinonas aos compostos fenólicos originais. Dessa forma, as maiores perdas de compostos fenólicos no processamento ocorrem pela oxidação durante e após a operação de trituração, por uma incompleta extração dos tecidos da fruta e na clarificação do suco.

Segundo Dionysio (2012) o escurecimento das frutas ocorre devido ao processo de oxidação enzimática de compostos fenólicos naturais pela enzima polifenoloxidase e pelo oxigênio molecular leva à formação de quinonas. As quinonas, por sua vez, transformam-se em melanina, um composto de coloração escura. Essa transformação ocorre por polimerização de quinonas ou por reação com compostos fenólicos, aminoácidos ou proteínas. A velocidade dessa reação pode ser diminuída pela utilização de agentes oxidantes, diminuição da temperatura ou abaixamento do pH. É comum adicionar suco de limão ou laranja sobre algumas frutas descascadas para que não escureçam. Isso acontece porque o ácido contido nesses alimentos reduz a o-quinona à forma fenólica, evitando assim o escurecimento.

Por meio do diagrama ternário, pode-se observar que o tratamento caldo de cana em pó apresentou maior concentração de compostos fenólicos totais (Figura 18).

luminosidade para caldo de cana, possivelmente tenha ocorrido maior processo de oxidação, levando ao escurecimento do caldo de cana.

Por meio do diagrama ternário foi observado que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maior luminosidade (Figura 20).

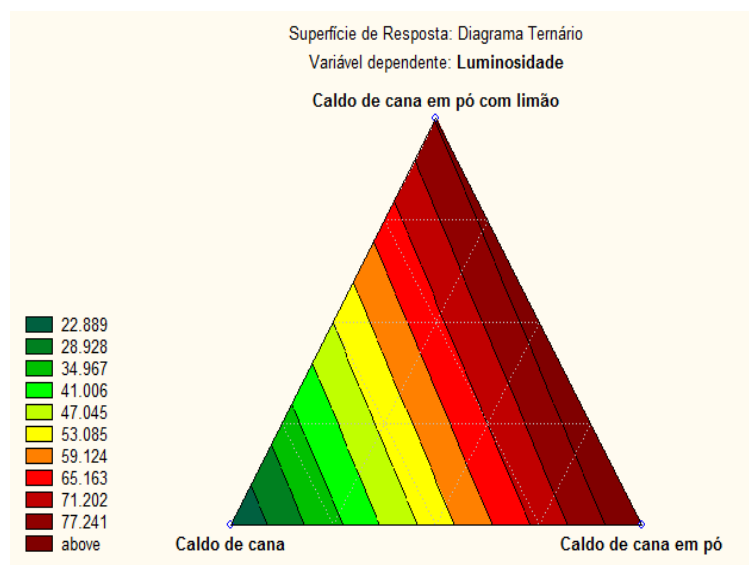


Figura 20 - Diagrama Ternário: luminosidade nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.13.2 Cromo b*

O croma b* apresenta variação das cores do azul (-60) ao amarelo (+60). Por meio do teste de Tukey (Tabela 4) foi observado que houve diferença significativa entre os tratamentos para o aspecto do croma b*.

Os valores de croma b* foram de 7,54, 12,23 e 13,58 para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente. Este aspecto mostra aumento médio de 71,15% do croma b* para os caldos de cana em pó, em relação ao caldo de cana, o que torna o pó com coloração mais amarelada que o caldo de cana. Este aspecto pode ser confirmado pelos resultados dos compostos fenólicos no tratamento caldo de cana em pó (Item 4.3.11) devido possivelmente ao escurecimento enzimático.

Por meio do diagrama ternário, pode-se observar que os tratamentos caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão apresentaram maiores valores do croma b^* (Figura 21).

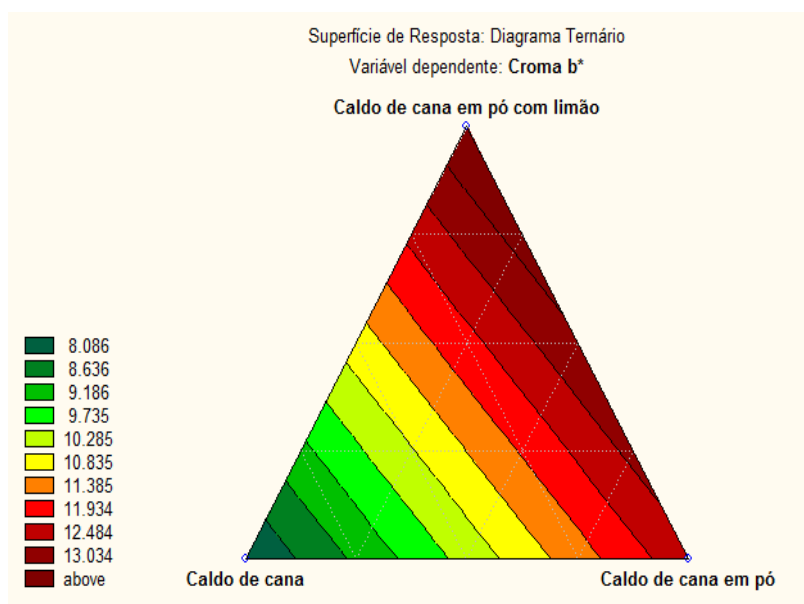


Figura 21 - Diagrama Ternário: croma b^* sobre os tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

4.3.14 Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não estabelece limites quanto à contagem de mesófilos aeróbios totais para caldo de cana. Porém, o crescimento excessivo destes contaminantes compromete a qualidade sanitária do sabor, aroma do produto, provoca redução na aceitação sensorial. A carga microbiana de 10^6 unidade formadora de colônia por mL do produto (UFC.mL⁻¹) foi estabelecida como população limite aceitável, já que em populações superiores a esta, substâncias tóxicas podem ser produzidas (LEE et al., 2003; VIEITES et al., 2004).

Na contagem de mesófilos aeróbios totais os tratamentos apresentaram valores de $2,5 \times 10^6$ UFC.mL⁻¹, $3,6 \times 10^6$ UFC.mL⁻¹, $6,3 \times 10^6$ UFC.mL⁻¹ para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão, respectivamente (Quadro 2). Portanto, o processo de liofilização se mostrou eficiente para a redução da contagem de microrganismos. O processo de liofilização diminuiu consideravelmente a atividade de água na amostra, conforme (item 4.3.15),

dificultando a proliferação dos microrganismos e reduzindo a concentração da carga total de microrganismos.

Tabela 5 - Contagem de mesófilos aeróbios totais em caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão

| Tratamentos | Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais (UFC.g ⁻¹) | Padrão |
|-------------------------------|--|------------------------------|
| Caldo de Cana | 2,5 X 10 ⁶ | Não há padrão legal vigente. |
| Caldo de Cana em Pó | 3,6 X 10 | |
| Caldo de Cana em Pó com Limão | 6,3 X 10 | |

Fonte: Autorial Própria.

Em trabalho desenvolvido por Kitoko et al. (2008) com amostras de caldo de cana fornecidos por ambulantes da cidade de Vitoria – ES, verificou-se desacordo em 96% da amostras em relação aos padrões legais vigentes, para contagem de coliformes a 45°C com variação de 4,3 x 10¹ a 2,4 x 10⁴ NMP.mL⁻¹, número mais provável (NMP) e, para fungos filamentosos e leveduriformes houve oscilação de 1,6x10⁵ UFC.mL⁻¹ a 7,6 x 10⁶ UFC.mL⁻¹, unidade formadora de colônias (UFC).

4.3.15 Atividade de água

Os tratamentos de atividade de água apresentaram valores de 1,00, 0,26 e 0,34 para caldo de cana, caldo de cana em pó e caldo de cana em pó com limão respectivamente.

Para os tratamentos liofilizados de caldo de cana em pó teve uma redução de 74%, e 66% para o tratamento de caldo de cana em pó com limão para o tratamento de caldo de cana. Souza (2011) obteve 0,988 de atividade de água na polpa de cupuaçu. Nesse trabalho foi verificado o valor de 1,00 para caldo de cana, mostrando semelhanças nos resultados.

A quantidade de água livre que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do produto está disponível para as reações físicas, químicas e biológicas, tornando-se o principal responsável pela deterioração dos alimentos (GARCIA, 2004). A diminuição da atividade de água na amostra acaba por dificultando a proliferação dos microrganismos.

Por meio do diagrama ternário, pode-se observar que os tratamentos caldo de cana apresentaram maiores valores para atividade de água (Figura 22).

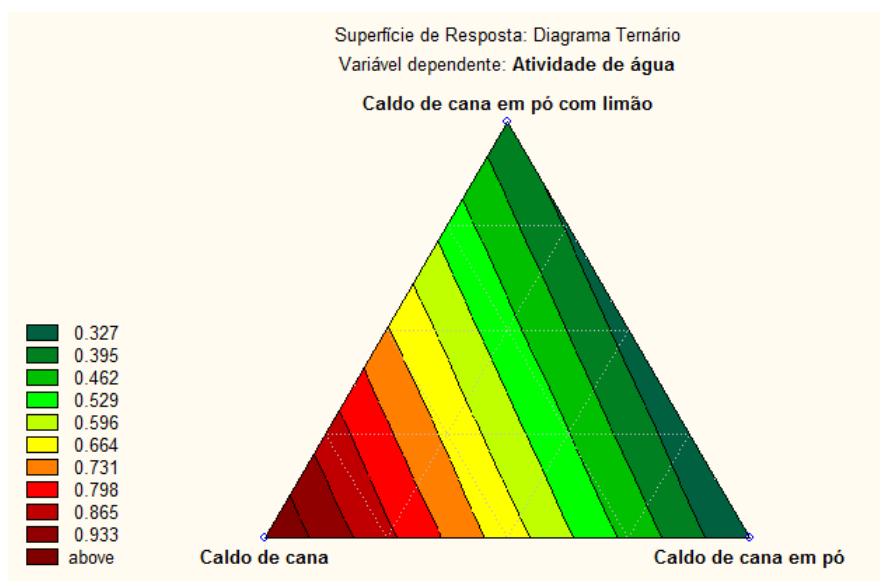


Figura 22 - Diagrama Ternário: atividade de água nos tratamentos
Fonte: Autoria Própria.

5 CONCLUSÃO

Considerando o aspecto de filtração, o algodão mostrou maior eficiência no caldo de cana líquido, a membrana de éster celulose, em caldo de cana em pó e com limão.

A concentração de 2% de emulsificante apresentou maior *overrun* no processo de emulsificação do caldo de cana.

O caldo de cana líquido apresentou maiores valores de umidade, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, cora a^* , contagem de mesófilos aeróbios totais e atividade de água. O caldo cana em pó com e sem limão mostraram altas concentrações de lipídeos, cinzas, ferro, açúcares totais, luminosidade e cora b^* . No entanto, no caldo de cana em pó foi observado maior teor de proteínas e compostos fenólicos, em caldo de cana em pó com limão foi verificado maiores valores de acidez total titulável e vitamina C.

Também, não foram observadas alterações significativas nas características físico-químicas e microbiológicas no caldo de cana em pó após o processo de liofilização e reconstituição.

Portanto, o processo de liofilização do caldo é possível e mostra mais um recurso para a manutenção da qualidade e aumento da vida de prateleira do caldo de cana.

O caldo de cana é consumido com mais frequência em estações mais quentes do ano, tanto por ser uma bebida refrescante e saborosa como pela falta de disponibilidade da bebida no mercado. A comercialização da garapa é caracterizada por vendas em ambulantes e com poucas preocupações em boas práticas, fazendo com que haja pouca aceitabilidade desse produto. A disponibilidade do caldo de cana em pó no mercado favorecendo a aceitabilidade para o consumo aos admiradores dessa bebida nutritiva e saborosa e o aumento na vida de prateleira

REFERÊNCIAS

AG - BRAGANTE. **Fundamentos de Conservação e Estabilidade dos Alimentos**. 2008. Disponível em < <http://tecalim.vilabol.uol.com.br/conservacaoalimentos.html>> Acesso em: 04 abr.2012.

ALENCAR, T.; GAJO, G.C; BRUNO, L. C. S; et al. **Determinação de açúcar total em caldo de cana-de-açúcar pela atividade da levedura saccharomyces cerevisiae em função do efeito do ph e temperatura**. 50º Congresso Brasileiro de Química – Bioquímica, Qualidade de Vida e Biomassas Brasileiras. Cuiabá, 2010.

ALIMENTOS LIOFILIZADOS. 2012. Disponível em < <http://www.sicongel.org.br/arquivos/historialiofilizado.pdf> > Acesso em: 04 abr.2012.

APOSTILA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS. Importância da Tecnologia de Transformação e Conservação de Produtos Agropecuários - Tecnologia de Alimentos. 2012. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/16113556/Apostila-Engenharia-de-Alimentos-1>> Acesso em: 15 jan.2012.

ARACY, Wilma C.M.; et al. **Alquimia dos alimentos**. Ed. Senac, v. 2 – Serie Alimentos e Bebidas. São Paulo, 2009.

ARAÚJO, Julio M.A. **Química de Alimentos. Teoria e Prática**. Ed. UFV, Viscosa, 1999.

BNDES e CGEE, **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008

BORALI, Catarina; MASUKO, Claudia C.; DINIZ, Simone M; et al. **Irradiação de Alimentos**. Universidade de São Paulo, Faculdade de saúde Pública. São Paulo, 2008.

BOSS, E. A. **Modelagem e Otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004.107f. Dissertação (Doutorado) – Universidade de Campinas. Faculdade de Engenharia Química, São Paulo, 2004.

BRASFRUT. **Polpas**. Frutos do Brasil. 7. ed. Top of Mind , Feira de Santa – BA,2007. Disponível em: <<http://www.brasfrut.com.br/>>. Acesso em :03 jun.2012.

BRITO, Anne C.W de.;JUNIOR, Bogdan D.;et al. **Caracterização e estabilidade de purê misto de frutas, fonte de fibra alimentar.** B.CEPPA, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 137-146, jan.jun. 2011.

BRITTEN, M.; Lavoier, L. **Um modelo cinético para descrever drenagem de líquido a partir de soja proténa espumas ao longo de um extenso Protein Faixa de Concentração.** V.57, n.5, p.1219-1222, 1241, 1992.

CÂMARA, M.M.Tassiano;GUZZO,C.Elio. **Os desafios da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil: estresses abióticos.** 2011. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=7444&showaquisicao=true> > Acesso em: 05 jan.2012.

CAMARGO, C.Adriano. **Conservação de alimentos.** 2012. Disponível em < http://www.cena.usp.br/irradiacao/cons_alim.html> Acesso em: 12 jan.2012.

CHAVES, Maria, C da.; GOUVEIA, Josivanda, P.G.;ALMEIDA, Francisco, A de.; et al. **Caracterização físico-química do suco da acerola.** Revista de Biologia e Ciências da Terra ISSN 1519-5228. Volume 4- Número 2 - 2º Set,2004.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2011.** Brasília: CONAB, 2011. Disponível em < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf> Acesso em: 05 jan.2012.

DELGADO, A.A. **Tecnologia dos Produtos Agropecuários I.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP. 1975.

DELGADO, A. A.; AZEREDO CÉSAR, M. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana.** Vol. II. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.

DIAS, Tiago. **Filtros garatem pureza dos alimentos.** 2007. Disponível em < <http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=302>> Acesso em: 04 abr. 2012.

DIONYSIO, Renata B; MEIRELLES, Fátima V. P.; **Conservação de Alimentos**. Disponível em < http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_conservacao_de_alimentos.pdf > Acesso em : 03 jun.2012.

DIVULGAÇÃO DA TECNOLOGIA DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS E OUTROS MATERIAIS. USP- CENA. Disponível em < <http://www.cena.usp.br/irradiacao/conservacao.htm> > Acesso em: 04 abr.2012.

EMUSIFICANTES: PANORAMA DA SITUAÇÃO. 2012. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/269.pdf> Acesso em: 06 abr.2012.

EMUSTAB SELECTA. **Emulsificante Emustab Selecta**. Disponível em < <http://www.comperdelivery.com.br/ch/prod/373275/6602/emusificante-emu.aspx> > Acesso em: 03 jun.2012.

EUFIC. Filtração por membrana: **Uma solução eficaz para melhorar a qualidade dos alimentos**. 2005. Disponível em: < <http://www.eufic.org/article/pt/artid/Filtracao-membrana-solucao-eficaz-melhorar-qualidade-alimentos/> > Acesso em: 15 jan.2012.

EVANGELISTA, J. Conservação de alimentos. **Tecnologia de alimentos** ed. Atheneu, São Paulo, 2005.

FARIA, José A.F.; SILVA, Karin S. **Avaliação da Qualidade de Caldo de Cana Envasado a Quente e por Sistema Asséptico**. 2006, Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(4): 754-758, out.dez. 2006.

FAVERO, Diego M. **Clarificação do Caldo de Cana-de-Açúcar pelo Processo de Carbonatação**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: Princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FONTES, Sabrina. **Propriedades Funcionais das Proteínas e Alimentos Proteicos**. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABNT0AE/propriedades-funcionais-das-proteinas-alimentos-proteicos> > Acesso em: 06 abr. 2012

GARCIA, Laura P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. Trabalho Acadêmico - Requisito parcial da Disciplina de Seminários em Alimentos – Curso de Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

GARCIA, Denise M. **Análise de Atividade de Água em Alimentos Armazenados no Interior de Granjas de Integração Avícola**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

GARCIA-CRUZ, C. H. **Uso de hidrocolóides em alimentos: revisão**. Higiene Alimentar, São Paulo, v.15, p.19-28, 2001.

GAVA, A. J. **Métodos de conservação de alimentos**. Princípios de tecnologia de alimentos. Nobel, São Paulo, 2002.

GAVA, Altanir J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. Ed. Nobel. São Paulo, 2007.

GRANATO, Daniel. **Emulsão de Soja e Goiaba: Caracterização Físico-Química, Cromática, Sensorial e de Estabilidade**. 2009. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

HAMERSKI, Fabiane. **Estudo de Variáveis no Processo de Carbonatação do Caldo de Cana-de-Açúcar**. Curitiba, 2009. Disponível em <<http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa/pdf/DissertaFabianeH.pdf>>. Acesso em: 26 mar.2012.

JUNIOR, Luiz C.T.; SILVA, Joana D.R.; NETO, Hélio F. S. da.; et al. **Variação na Acidez do Caldo de Cultivares de Cana-de-Açúcar Aptas para o Corte no Meio de Safra**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010.

KUNITAKE, Mariana Tomie. **Processamento e estabilidade de caldo de cana acidificado**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2012.

LAVARDA, Liziane. **Determinação da cinética de degradação térmica da vitamina c em popa de acerola via aquecimento ôhmico 2011**. Trabalho de

Diplomação em engenharia química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

LIOFILIZAÇÃO: INFORMAÇÕES BÁSICAS. 2012. Disponível em <<http://eblsa.com.br/br/index.php?menu=processo>> Acesso em: 04 abr.2012.

LIOFOODS. **O Processo de Liofilização ou freeze drying**. Disponível e: <<http://www.liofoods.com.br/aLiofoods.aspx>> Acesso em: 04 abr.2012.

LISBÔA, Chrislane P. **Físico-química de solução de polímeros e surfactantes, EMULSÕES**. Unicamp. Disponível em: <<http://www.igmm.unicamp.br/~wloh/offline/qp433/seminarios/2002/chrislane.pdf>> Acesso em: 06 abr.2012

LUNARDI, R; SEIBERT, E; BENDER, K. J. **Tolerância da maçã “Fuji” ao tratamento térmico por imersão em água quente**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n. 4, p. 798-803, jul.ago. 2002.

MAGALHÃES, Andollini C.M. **Métodos de Clarificação do Caldo.Fabricação do Açúcar**. 2012. Disponível em < <http://pt.scribd.com/dbmendes/d/29338292/7-Metodos-de-Clarificacao-do-Caldo> > Acesso em: 04 abr.2012.

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento**. 272 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

MAPA, **Balanco Nacional da Cana-de-Açúcar e Agroenergia** 2007. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/PDF%20-%20BALANO%20NACIONAL_0_0_0.pdf Acesso em: 25 mar.2012.

MARQUES, Gutto M. R. **Secagem de Caldo de Cana em Leito de Espuma e Avaliação Sensorial do Produto**. Dissertação (Mestrado) - Pro - Reitoria de Pesquisa e Pós – Graduação Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga, 2009.

MARQUES, Marcos Omir. **Tecnologia do Açúcar: Produção e Industrialização da Cana – de- Açúcar**. Editora Funep. Jaboticabal, 2001.

MARTINS, N. G. S. **Os fosfatos na cana de açúcar**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Área de Concentração: Ciência de Tecnologia de Alimentos, Piracicaba, 2004.

MENDONÇA, Kiara; JACOMINO Pedro, A.; MELHEM, Thiago, X. et al, **Concentração de Etileno e Tempo de Exposição para Desverdecimento de Limão 'Siciliano'**. Braz. J. Food Technol. V.6, n.2, p. 179-183, jul.dez. 2003.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, Cana de açúcar. 2012 . Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>> Acesso em: 24 mar.2012.

MOLINA, G. SUZART, C.A.; BERGARA, S.; QUEIROZ, T. DAISUKE, M.; MORETTI, R.H. **Caracterização de cultivares de cana-de-açúcar (Saccharum spp) para a produção de caldo de cana**: Rendimento de caldo de valor de brix. In: Congresso Brasileiro de ciências e tecnologia de alimentos, XXI Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos. Belo Horizonte, 2007.

NOGUEIRA, Alessandro; SANTOS, Lúcia D.; WIECHETECK, Flavis, V.B.; et al. **Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã**. Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, 9 (3): 7-14, dez. 2003.

NOGUEIRA, Fernanda S.dos. FERREIRA, Karla S. JUNIOR, Josil, B. de et al. **Minerais em Melados e em Caldos**. Ciencia e Tecnologia em Alimentos. Campinas, out.dez.2009.

NOVAZZI, Luiz F.; BERTEVELLO, Luiz C. FONTANA, Maristela M. et al. **Filtração é rica na indústria alimentícia e de bebidas. 2008. Disponível em < <http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=432>>** A cesso em: 04 abr.2012.

NUNES, Alimentos G. FARIA Ana P da S. STEINMACHER, Fernanda R.; et al. **Processos Enzimáticos e Biológicos na panificação**. Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia química e alimento.Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006

O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NA USINA ESTER. Disponível em < <http://www.usinaester.com.br/Produtos/produtos.html>> Acesso em: 01 abr.2012.

OLIVEIRA, Aline C.G.de.;NOGUEIRA,Fabiana A.G.;ZANÃO,Cíntia F.P.et al. **Análise das Condições do Comércio de Caldo de Cana em Vias Públicas de Municípios Paulistas**. 2006, 13(2): 06-18, Segurança Alimentar e Nutricional. Campinas, 2006.

OLIVEIRA, Aline, C.G. de. **Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Campinas out.dez. 2007.

ORDONEZ, J. A. **Conceito e Objetivos da Tecnologia de Alimentos**. Tecnologia de alimentos. **V. 1**, Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAVANELLI, A. P.; Cichello, M. S.; Palma, E. J. **Emulsificantes como agentes de aeração em bolos**. Oxiten S/A Indústria e Comércio. Artigo Técnico. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/17647334/emulsificante>> Acesso em: 03 jun.2012.

PEDRÃO, Mayka R. BELEIA, Adelaide; MODESTA, Regina C. D.; et al. **Estabilidade físico-química e sensorial do suco de limão Tahiti natural e adoçado, congelado**. Londrina, PR.1999. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/CTA/VOL19N2/CTA19N2_22.PDF> Acesso em: 12 de maio 2012.

PÊGAS, Rosana R.; MANOLES, Friedhilde M. K. **Produção de Cana-de-açúcar**. 2012. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-57.pdf> Acesso em: 24 mar.2012.

PÉRTILE, R.A.N. **Estudo in vitro da interação da linhagem de fibroblastos L929 com membranas de celulose bacteriana para aplicações em engenharia de tecidos**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química Grupo de Engenharia Genômica Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Florianópolis, set. 2007.

POTTER, N.N.; HOTCHIKISS, J.H. **Food Science**. 5. ed. New York: Chapman & Hall, 1995.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H.M.A.B. **Influência da adição de ácido ascórbico na composição e nas características sensoriais da garapa parcialmente clarificada estabilizada e estocada sob-refrigeração**. B.CEPA, Curitiba, v21, n2, p.323-342, jul.dez.2003.

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**. Ciências e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v.25 n1, p.147-152, jan/mar.2005.

PRATI, Patrícia. **Caracterização Microbiológica, Físico- química e Composição Centesimal do Caldo de Cana**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

PRATI, Patricia. **Desenvolvimento de Processo para Estabilização de Caldo de Cana adicionado de Sucos de Frutas Ácidas**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

RAMOS, Afonso M.; TEIXEIRA, Luciano J.Q.; STRINGHETA, Paulo C. et al. Aplicação de campos elétricos pulsados de alta intensidade na conservação de alimentos. **Revista Ceres**, Viçosa (MG), p.426, jul.ago 2006.

REBOUÇAS, Fernando. **Consumo de bebidas no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.infoescola.com/economia/consumo-de-bebidas-no-brasil/> Acesso em: 21 mar. 2012.

ROSSETTO, Raffaella; SANTIAGO, Antonio D. **Cana – de – Açúcar**. Agência de Informação Embrapa. 2012. Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html > Acesso em > 01 abr. 2012.

SAMPAIO, Sabrina Petrillo; VIEIRA, Silvia Mendonça. **Estudo da Estabilidade da Cor do caldo de Cana (*Saccharum spp*)**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH). Belo Horizonte, 2009.

SANTIAGO, D. Antonio; IVO, M. P. Maria; BARBOSA, S. V. Geraldo; ROSSETO, Raffaella. **Impulsionando a Produtividade e a Produção Agrícola da Cana-de-Açúcar no Brasil**. 2006. Brasília. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/overviewpaper_santiago_000fk6x1pgf02wyiv80sq98yqx41dxm5.pdf > Acesso em: 12 jan. 2012.

SANTOS, Leandro V. dos. **Emulsificantes – modo de ação e utilização nos alimentos**. Departamento de Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

SEBRAE. **Programa Alimentos Seguros: PAS**. Disponível em <
<http://pt.scribd.com/doc/27835488/folder-cana-Sebrae>>. Acesso em: 02 jun.2012.

SILVA, Dirceu Jorge. **Análises de alimentos: método químico e biológico**. 2ª Edição. Imprensa Universitária. Viçosa, 1990.

SILVA, F.C.da; GUIMARÃES, Daniela H.P. GASPARETTO, C.A. **Reologia do Suco de Acerola: efeitos da concentração e temperatura**. 2005. Ciênc. Tecnologia de Alimentos, 25(1): 121-126, Campinas, jan.mar. 2005.

SILVA, Fábio Cesar da. **Embrapa** . Comunicação para transferência de tecnologia: informação e documentação: referências: elaboração. Brasília DF, 1990.

SILVA, K. S. DA **Avaliação de processo de industrialização de caldo de cana-de-açúcar (*Sacharum ssp*) por enchimento a quente e sistema asséptico**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(4): 754-758, out.dez. 2006.

SILVA, Maurício G. **Comportamento Reológico de Emulsões de água em óleo na Indústria Petrolífera**. Universidade Federal de Itajubá. Disponível em http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH16/Mauricio-Gon%E7alves-e-Silva_PRH16_UNIFEI_G.pdf > Acesso em: 06 abr.2012.

SOEIRO, Thatyana N.;PEREIRA, Thomas W.C.;COVRE, Victor R. et al. **Indústria de Alimentos**. Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus, 2011.

SOUZA, Vinicius C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. 2011.77 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em engenharia de alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga, 2011.

SUZART, C. A. G.; BERGARA, S.; MOLINA, G.; MORETTI, R. H.; **Caracterização de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*) para a produção de caldo de cana: Rendimentode caldo e valor de brix**. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos. 2007.

TAGUCHI, Viviane. **Satélite aponta que canaviais terão pouca expansão em 2012**. Disponível em <
http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI283923-18078,0_SATELITE+APONTA+QUE+CANAVIAIS+TERAO+POUCA+EXPANSAO+EM.html>
Acesso em: 25 mar.2012.

TOWNSEND, Claudio Ramalho. **Recomendações técnicas para cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Ministério da Agricultura e do Abastecimento Novembro de 2000. Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Rt_21_000fkv0qne702wyiv80sq98yqvmh7ouy.PDF> Acesso em: 01 abr.2012.

TRINDADE, R.S. **Caracterização de membranas poliméricas aplicadas ao processo de microfiltração.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Diplomação) - Curso de Engenharia de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

UMEBARA, Tiemi. **Microfiltração de caldo de cana: caracterização do caldo permeado e retentado.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

USINA ESTER. **O processo de fabricação de açúcar e álcool na Usina Ester.** 2012. Disponível em: < <http://www.usinaester.com.br/Produtos/produtos.html>> Acesso em: 19 abr.2012.

VENTURA, Diana; RUFINO, Joana; NUNES, Cláudia; MENDES, Nunes. **Utilização da Irradiação no Tratamento de Alimentos.** 2010. Escola Superior Agrária de Coimbra. Disponível em: < http://www.esac.pt/noronha/pga/0910/trabalho_mod2/irradiacao_grupo4_T2_word.pdf > Acesso em: 13 jan.2012.

VENTURINE FILHO, W.G. **Tecnologia de Bebidas:** Matéria prima, processamento, BPF/APPCC, Legislação e Mercado. 1.ed. São Paulo, 2005.

VERAS, Ricardo P.; PEREIRA, Frederico C.; LIMA, Anny K. V. de O. et al. **Comercialização do Caldo de Cana-de-Açúcar na Área Central do Município de Campina Grande, pb: Estudo de Caso.** Revista Educação Agrícola Superior, 2009.

VIANA, Arivaldo R. FERREIRA, José M.;FILHO, Saul de B.R.; et al. **Cana - de - Açúcar, recomendações técnicas.** 2012. Disponível em < <http://www.pesagro.rj.gov.br/cana.html>> Acesso em: 01 abr.2012.

VIEIRA, Ana P.;NICOLETI, Joel F.;TELIS, Vânia R. N. **Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto.** Braz. J. Food Technol. vol.15 p.1 Campinas jan.mar. 2012.