

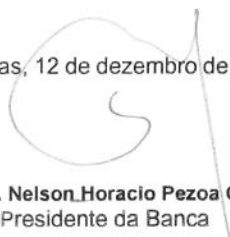
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTUDO QUÍMICO E NUTRICIONAL DE AMÊNDOAS DE
CACAU (*Theobroma cacao* L.) E CUPUAÇU (*Theobroma
grandiflorum* Schum) EM FUNÇÃO DO PROCESSAMENTO**

PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida por
Alessandra Santos Lopes, aprovada
pela Comissão Julgadora em 12 de
dezembro de 2000.

Campinas, 12 de dezembro de 2.000


Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia
Presidente da Banca

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade Estadual
de Campinas para obtenção do
título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos

ALESSANDRA SANTOS LOPES
Engenheira Química

Prof. Dr. NELSON HORACIO PEZOA GARCÍA
Orientador

CAMPINAS
2000

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE



00650700e

UNIDADE	3 e
N.º CHAMADA:	TI UNICAMP
	L881e
V.	Ex.
TOMBO BC	44096
PROC.	16-392101
C	☐
D	☒
PREC	R\$ 11,00
DATA	25/04/01
N.º CPD	

CM-00154682-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

L881e Lopes, Alessandra Santos
 Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau
 (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*
 Schum) em função do processamento / Alessandra Santos Lopes. –
 Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa García
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
 Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Cacau. 2.Cupuaçu. 3.Processamento. 4.Theobroma.
 I.Pezoa García, Nelson Horacio. II.Universidade Estadual de
 Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

ERRATA

Na Tabela 27 os valores corretos de lisina são:

Ca_s^1 (57 ± 5); Ca_f^1 (57 ± 4); Ca_t^1 (54 ± 5); Cup_s^2 (56 ± 5); Cup_f^2 (57 ± 7); Cup_t^2 (46 ± 4).

Na Tabela 28 os valores corretos de lisina são:

Ca_s^1 (68 ± 4); Ca_f^1 (91 ± 5); Ca_t^1 (71 ± 3); Cup_s^2 (62 ± 5); Cup_f^2 (100 ± 6); Cup_t^2 (89 ± 4).

Na Tabela 28 os valores corretos da somatória dos aminoácidos (total) são:

Ca_s^1 (577 ± 39); Ca_f^1 (2005 ± 164); Ca_t^1 (1021 ± 89); Cup_s^2 (219 ± 21); Cup_f^2 (750 ± 32); Cup_t^2 (467 ± 25).

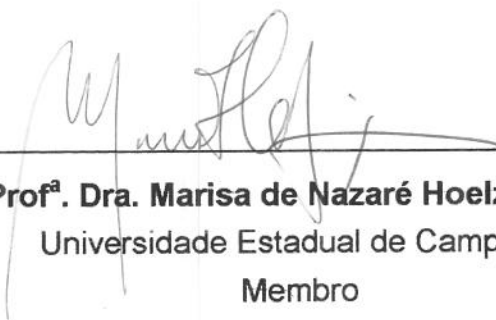
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García
Universidade Estadual de Campinas
Orientador



Prof. Dr. Jaime Amaya Farfán
Universidade Estadual de Campinas
Membro



Prof^a. Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix
Universidade Estadual de Campinas
Membro

Prof^a. Dra. Hilary Castle de Menezes
Universidade Estadual de Campinas
Membro

DEDICO

***Ao meu marido José Edmundo,
pelo que representa em minha
vida.***

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

***“Muitos teriam chegado à sabedoria se
não acreditassem que já eram
suficientemente sábios”***

**Juan Luis Vives (1492-1540)
Filósofo espanhol**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García, pela amizade, confiança e orientação dedicada e eficiente para realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Jaime Amaya Farfán, pela amizade e colaboração sempre atenciosa e eficiente dispensada no decorrer deste trabalho;

À Prof^a Dr^a Marisa de Nazaré Hoelz Jackix, pela amizade, incentivo e importantes sugestões dadas para a realização deste;

À Prof^a Dr^a Dra. Hilary de Castle Menezes, pela amizade e ensinamentos dispensados no decorrer deste;

À CAPES pela concessão da bolsa de-mestrado;

Ao meu marido José Edmundo pelo amor e paciência durante nossas vidas juntos;

À minha mãe, avós e tia, Fátima, José e Nazaré, Georgina, por tudo de maravilhoso que me representam em minha vida;

Aos meus sogros e cunhados, José Edmundo e Sandra, Tiago, Lúcia e Marcos, pelo eterno carinho e apoio indispensável;

À avó Osmarina e tios, Ana Lúcia e Pedro Tércio, pela amizade e incentivo;

Ao meu querido irmão Beto e minha cunhada Regina; pelo apoio e amizade;

À COOPERATIVA AGRÍCOLA MISTA DE TOMÉ-ACU, ROCHE e REFINAÇÕES DE MILHO BRASIL, pelas doações necessárias para execução deste;

Ao amigo Marcus, por seu constante apoio e amizade inesquecível;

À minha amiga de infância Kelly, por uma vida juntas;

À minha irmã de coração Rafaella (Garrafa), por ser esta pessoa maravilhosa;

Às inesquecíveis amigas Ana Koon e Priscila Ferraz, pela paciência, amizade e por todos ensinamentos dedicados para a realização deste trabalho;

Às amigas e compahneiras, Cris e Laurinha, por tantos momentos felizes;

À Vanina, companheira de trabalho e grande amiga;

Aos amigos Antônio e Sandra, pela amizade e apoio dedicado sempre;

Ao Sr. José Carlos Finezi e Aristar Filho, pelo constante apoio na elaboração do equipamento de extração de gordura;

Aos amigos e companheiros de laboratório, Gabit@, Amanda, Lú, Bob, Lucía, Verinha, Ricardinho, Dani, Vítor, Mari, Sú, Leila, Fara, Rodrigo, Valéria, Carlinha, Alex e Leonel, por suas imensas colaborações;

Às funcionárias e amigas do Departamento de Nutrição e Planejamento Alimentar (DEPAN), Carla e Suzana, por suas imensas colaborações durante este trabalho;

Aos técnicos da Planta Piloto, Waldecir e Adauto, dos diversos laboratórios da FEA, Daniel, Carol, Berna, Alice, Beth, Judite, Nice, Eliete e Camila; e aos funcionários, Cosme, Marlene, Jaime e Marcelo;

À Dra. Maria Luiza Tucci, do IAC, pela gentileza e informações prestadas;

Às Dras. Liliana Casal e Gracie, da INDECA, pela participação na avaliação sensorial das amostras de cacau e cupuaçu;

Enfim, à todos amigos e companheiros do DTA e da FEA cuja amizade e apoio foram fundamentais para a realização deste.

ÍNDICE GERAL

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. Cupuaçu.....	6
3.1.1. Dados botânicos e regiões de ocorrência.....	6
3.1.2. Variedades.....	9
3.1.3. Clima e solo.....	10
3.1.4. Colheita.....	10
3.1.5. Produção e rendimento dos frutos.....	11
3.1.6. Processamento e aproveitamento do cupuaçu.....	13
3.1.7. Composição química e valor nutricional.....	18
3.2. Cacau.....	22
3.2.1. Dados botânicos e regiões de ocorrência.....	22
3.2.2. Clima e solo.....	23
3.2.3. Produção.....	24
3.2.4. Aproveitamento do cacau.....	26
3.2.5. Composição química.....	26
3.2.6. Beneficiamento do cacau.....	27
3.2.6.1. Colheita e quebra do fruto.....	28
3.2.6.2. Fermentação das sementes.....	29

3.2.6.3. Secagem das amêndoas.....	32
3.2.6.4. Torração das amêndoas.....	32
3.2.7. Aspectos nutricionais do cacau.....	35
3.2.7.1. Frações protéicas do cacau.....	37
3.2.7.2. Aminoácidos do cacau.....	41
3.2.7.3. Fatores anti-nutricionais.....	43
3.3. Avaliação nutricional das proteínas.....	44
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.1. Material.....	46
4.1.1. Matéria-prima.....	46
4.1.2. Equipamentos e aparelhos.....	46
4.1.3. Reagentes.....	47
4.1.4. Animais utilizados no ensaio biológico.....	47
4.2. Métodos.....	48
4.2.1. Processamento da matéria-prima.....	48
4.2.1.1. Obtenção das sementes.....	48
4.2.1.2. Fermentação e secagem.....	50
4.2.1.3. Torração das amêndoas.....	52
4.2.1.4. Obtenção dos <i>nibs</i>	53
4.2.1.5. Obtenção dos flocos.....	53
4.2.1.6. Extração de gordura dos flocos de cacau e cupuaçu.....	54
4.2.1.7. Inativação dos fatores anti-nutricionais.....	54
4.2.2. Caracterização das sementes e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	55

4.2.2.1. Classificação das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	55
4.2.2.2. Caracterização física das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	56
4.2.2.3. Determinações físicas e químicas dos <i>nibs</i>	56
4.2.2.3.1. Teor de umidade.....	56
4.2.2.3.2. Teor de proteína.....	56
4.2.2.3.3. Teor de lipídios.....	57
4.2.2.3.4. Teor de cinzas.....	57
4.2.2.3.5. Teor de fibras.....	57
4.2.2.3.6. Valor calórico total.....	57
4.2.2.3.7. Acidez total titulável e pH.....	57
4.2.3. Análise sensorial do <i>liquor</i>	58
4.2.4. Preparo das dietas.....	60
4.2.5. Ensaio biológico.....	61
4.2.6. Determinação do perfil de aminoácidos	63
4.2.6.1. Preparo das amostras para determinação de aminoácidos totais	63
4.2.6.2. Preparo das amostras para determinação de aminoácidos livres.....	64
4.2.6.3. Determinação dos aminoácidos totais e livres.....	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1. Fermentação e secagem.....	65
5.1.1. Perfil de temperatura durante a fermentação.....	65

5.1.2. Variação do pH e da acidez durante a fermentação.....	67
5.2. Caracterização da matéria-prima.....	72
5.2.1. Prova de corte.....	72
5.2.2. Caracterização física das amêndoas fermentadas.....	73
5.3. Rendimento dos nibs.....	74
5.4. Análises físico-químicas dos <i>nibs</i> de cupuaçu e cacau.....	76
5.5. Torração das amêndoas de cacau e cupuaçu.....	78
5.6. Análise sensorial.....	80
5.7. Ensaio Biológico.....	85
5.7.1. Teor protéico dos pós de cacau e cupuaçu.....	85
5.7.2. Teor protéico das dietas utilizadas no ensaio biológico.....	86
5.7.3. Variação dos pesos médios dos animais durante o ensaio biológico.....	88
5.7.4. NPR e RNPR.....	93
5.8. Perfil de aminoácidos.....	95
5.8.1. Aminoácidos totais.....	95
5.8.2. Aminoácidos livres.....	97
6. CONCLUSÕES.....	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÊNDICE.....	110

LISTA DE TABELAS

1. Rendimento do cupuaçu segundo diversos autores.....	13
2. Análise físico-química e composição centesimal da polpa de cupuaçu.....	18
3. Composição centesimal das sementes de cupuaçu.....	19
4. Composição de ácidos graxos das sementes de cupuaçu e cacau.....	20
5. Teores de aminoácidos das sementes de cupuaçu ao longo da fermentação.....	21
6. Produção de cacau dos principais países produtores com os respectivos anos.....	25
7. Composição média das sementes de cacau.....	27
8. Constituintes nutricionais dos produtos de cacau e leite em pó.....	35
9. Solubilidade das frações protéicas de sementes e amêndoas de cacau.....	38
10. Modificações das frações protéicas durante a fermentação.....	39
11. Modificações das frações protéicas do cacau durante a torração.....	40
12. Aminoácidos das sementes fermentadas e não fermentadas de cacau.....	42
13. Formulações utilizadas para análise sensorial de produtos de cacau.....	58
14. Composição das dietas formuladas segundo a AIN-93G.....	62
15. Classificação das amêndoas de cacau e cupuaçu fermentadas.....	73
16. Características físicas de amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	73

17. Composição física das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	74
18. Rendimentos dos <i>nibs</i> de cacau e cupuaçu.....	74
19. Composição físico-química de sementes não fermentadas e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.....	76
20. Média das amostras de cacau por atributo avaliado.....	81
21. Média das amostras de cupuaçu por atributo avaliado.....	83
22. Teor de proteína nos pós desengordurados.....	85
23. Teor protéico determinado por Kjeldahl das dietas utilizadas no ensaio biológico.....	86
24. Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico (NPR).....	87
25. Pesos médios dos grupos de animais (n=8) alimentados com as dietas de cacau e cupuaçu	91
26. Valores de NPR e RNPR das dietas em estudo e NPR da dieta controle.....	93
27. Composição em aminoácidos totais das proteínas das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas de cacau e cupuaçu.....	96
28. Composição em aminoácidos livres das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas de cacau e cupuaçu.....	99
29. Temperaturas médias durante o processo fermentativo de cacau e cupuaçu.....	110
30. Valores médios das temperatura durante os processos de torração a 55, 50, 45 e 40 minutos para as amêndoas fermentadas de cupuaçu.....	111
31. Valores médios das temperatura durante os processos de torração a 46, 44, 42 e 40 minutos para as amêndoas fermentadas de cacau.....	111

LISTA DE FIGURAS

1. Árvore do cupuaçu.....	8
2. Parte interna do fruto do cupuaçu.....	8
3. Fluxograma do aproveitamento dos frutos do cupuaçuzeiro.....	15
4. Frutos do cacaueiro.....	23
5. Fluxograma do processamento dos frutos (cacau e cupuaçu) para obtenção dos pós desengordurados das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas fermentadas torradas secas.....	49
6. Esquema da caixa de fermentação T-60.....	51
7. Peças componentes da caixa de fermentação.....	51
8. Perfis de temperatura das sementes de cacau e cupuaçu durante a fermentação.....	65
9. Valores de pH dos cotilédones de cacau e cupuaçu durante a fermentação.....	68
10. Valores de acidez total titulável dos cotilédones de cacau e cupuaçu durante a fermentação.....	70
11. Perfil de temperatura do processo de torração de amêndoas de cacau.....	79
12. Perfil de temperatura do processo de torração de amêndoas de cupuaçu....	80
13. Histograma dos resultados do teste de aceitação em relação ao sabor para formulações à base de cacau.....	82
14. Histograma dos resultados do teste de aceitação em relação ao sabor para formulações à base de cupuaçu.....	84
15. Variação de peso dos animais durante ensaio biológico.....	92
16. Ficha utilizada nas análises sensoriais das formulações à base de cacau e cupuaçu.....	112

RESUMO

A similaridade entre as amêndoas de cacau e cupuaçu tem despertado interesse científico, pois a partir das sementes de cupuaçu fermentadas e torradas também podem ser obtidos produtos análogos ao chocolate de excelente qualidade em termos de sabor. Atualmente, as sementes de cupuaçu são simplesmente descartadas, pois o maior valor do fruto se encontra na polpa. Este trabalho objetiva estudar a influência da fermentação e da torração de sementes de cacau e cupuaçu no valor nutricional das proteínas presentes nestas espécies. O processo fermentativo realizado teve duração de sete dias, e foram usados como parâmetros para avaliação do processo, as temperaturas diárias da massa em fermentação, pH e acidez total titulável. Os resultados mostraram que a metodologia utilizada na fermentação se adequou para ambas espécies, e as amêndoas de cacau e cupuaçu foram classificadas como bem fermentadas. Foram realizadas torrações em amêndoas inteiras de cacau e cupuaçu, a uma temperatura inicial na câmara do torrador de $150\pm 1^{\circ}\text{C}$, variando-se os tempos de residência das amêndoas no equipamento. A otimização das condições de torração, visando desenvolver ao máximo o potencial aromático das amêndoas, procurou determinar tempos de processamento mais curtos, para minimizar as perdas nutricionais e, conseqüentemente, promover uma redução de custo neste processo. Desta forma, baseados em trabalhos prévios, foram estabelecidos tempos de 40, 42, 44 e 46 minutos para torração de amêndoas de cacau, e 40, 45, 50 e 55 minutos para as amêndoas de cupuaçu. Para a determinação do melhor tempo de torração foi empregado um teste de aceitação sensorial para os atributos sabor e aroma, o qual mostrou que a amostra de cacau torrada por 46 minutos e cupuaçu por 55 minutos apresentaram as melhores notas, $6,54\pm 1,87$ e $7,26\pm 1,12$, respectivamente.

Para avaliar o valor nutricional, as sementes não fermentadas autoclavadas, amêndoas fermentadas autoclavadas e amêndoas torradas, foram desengorduradas e incorporadas nas dietas (AIN-93G) contendo 5% de proteína correspondente aos pós desengordurados e 5% provenientes da caseína, e administradas a ratos machos da raça Wistar, sob condições ambientais apropriadas durante 14 dias. Os valores de NPR encontrados para o cacau foram :1,85±0,06 (semente), 1,90±0,11(amêndoa fermentada) e 2,03±0,19 (amêndoa fermentada torrada). Para o cupuaçu os valores foram: 2,89±0,23 (semente), 2,75±0,19 (amêndoa fermentada) e 3,00±0,20 (amêndoa fermentada torrada). A dieta contendo somente caseína como fonte de proteína apresentou um NPR de 4,47±0,18. Desta forma ficou evidenciado que as amêndoas torradas promoveram maior aumento no crescimento dos animais do que as sementes *in natura* e amêndoas fermentadas, tanto para o cacau quanto para o cupuaçu. Foi observado que o cupuaçu, nas diversas etapas de processamento, apresentou valor biológico significativamente superior ao cacau. Finalmente, apesar da autoclavagem para a inativação de fatores anti-nutricionais não ter sido otimizada, as proteínas do cupuaçu, e não as de cacau, registraram uma queda no valor biológico com o processo de fermentação. Por outro lado, o processo otimizado de torração resultou no melhoramento significativo da qualidade biológica das proteínas, possivelmente pelo aumento na digestibilidade proporcionada pelo tratamento térmico utilizado.

SUMMARY

The similarity between the cocoa and cupuassu beans has aroused scientific interest, since products similar to chocolate can also be obtained from the fermented and roasted beans of cupuassu. At present, the beans of cupuassu are simply discarded, since the highest value of the fruit is in the pulp. The goal of this work is to study the influence of the fermentation and roasting of cocoa and cupuassu beans on the nutritional value of the proteins present in these species. The fermentation process carried out in this study lasted seven days, and the parameters for assessment were the daily temperature of the fermenting mass, pH and the total titratable acidity. The results showed that the methodology applied for fermentation was suitable for both cocoa and cupuassu beans, which were classified as well fermented. Roasting was accomplished in whole, cocoa and cupuassu beans with an initial temperature of $(150\pm 1^{\circ}\text{C})$, varying the residence times of the beans inside the device. The determination of the most suitable roasting conditions to best develop the aromatic potential of the beans, aimed at determining shorter processing times in order to minimize nutritional losses and, consequently, allowing for a reduction in the process costs. In this way and based on earlier studies, roasting times of 40, 42, 44 and 46 minutes were established for the cocoa beans and 40, 45, 50 and 55 minutes for the cupuassu beans. The best roasting time was determined by a flavor sensor analysis which revealed that the cocoa samples roasted for 46 minutes and those of cupuassu roasted for 55 minutes obtained the highest scores, being 6.54 ± 1.87 and 7.26 ± 1.12 respectively.

To evaluate the nutritional value, the autoclaved unfermented, autoclaved fermented and roasted beans, were defatted and added to the diets (AIN-93G) of male wistar rats for a 14-day period under, appropriate environmental conditions. The diets contained 10% of protein, 5% from the defatted powders and 5% from casein. The NPR values for the diets containing cocoa were: 1.85 ± 0.06 (unfermented bean), 1.90 ± 0.11 (fermented bean) and 2.03 ± 0.19 (roasted fermented bean). For the cupuassu the values were: 2.89 ± 0.23 (unfermented bean), 2.75 ± 0.19 (fermented bean) and 3.00 ± 0.20 (roasted fermented bean). The diet containing only casein protein showed an NPR of 4.47 ± 0.18 . Thus for both cocoa and cupuassu it was shown that the roasted beans promoted a faster growth of the rats than either the in natura or fermented beans. As for the cupuassu, there was a significant biological value much higher than that of cocoa, for all the different processing stages. Finally, despite the autoclaving for the inhibition of antinutritional factors not have been optimized, it was the cupuassu protein and not that of cocoa which underwent a loss in biological value as a result of the fermentation process. On the other hand, the optimized roasting process resulted in a expressive improvement in the biological quality of the proteins, probably due to an increase in digestibility, thanks to the use of thermal treatment.

1. INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) e o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) são as principais espécies pertencentes ao gênero *Theobroma*. O cacau é o mais importante fruto deste gênero devido à grande comercialização mundial de chocolates, produtos achocolatados e da manteiga de cacau, componente muito importante também na indústria cosmética e farmacêutica.

Atualmente, o Brasil continua na lista dos principais exportadores de amêndoas de cacau a nível mundial, no entanto, os últimos 15 anos foram marcados pela decadência da produção cacaueira no sul da Bahia. Dentre os principais motivos destacam-se a baixa do preço do cacau no mercado internacional, a concorrência com os países africanos, o fim da possibilidade de expansão das terras cultiváveis na região, a falta de investimentos em técnicas modernas de plantio; e, para culminar, a praga da "vassoura-de-bruxa" que infestou as plantações baianas. Desta forma, começam a destacar-se também, o cacau produzido em outras regiões: na Amazônia, nos Estados do Pará, Acre e Rondônia, e em algumas localidades do sudeste do país.

O cupuaçu, destaca-se como o principal fruto cultivado na Amazônia com grande potencial para industrialização, sendo que seu valor econômico atualmente está baseado na industrialização e comercialização da polpa, devido as suas características especiais de sabor e aroma. Seu consumo, antes restrito a região Norte, vem conquistando novos mercados no Brasil e exterior. Além das características intrínsecas do fruto, um outro fator que vem propiciando o interesse de outros países pelo cupuaçu, é o atual modismo por consumo de produtos proveniente de regiões exóticas do mundo, principalmente a região Amazônica (CALZAVARA, 1987; VENTURIERI, 1993; QUEIROZ, 1999).

As sementes resultantes da obtenção da polpa de cupuaçu são praticamente descartadas, apesar de constituir uma excelente matéria-prima para a preparação de produto similar ao chocolate. As sementes correspondem em média a 20% do peso do fruto, e apresentam alto valor nutritivo com cerca de 20% de carboidratos, 13% de proteínas e 57% de lipídios.

Para a obtenção de chocolates, derivados e produtos análogos a fermentação e torração são etapas essenciais. Durante a fermentação ocorrem inúmeras reações bioquímicas que são responsáveis pela formação dos precursores do sabor de chocolate, que são convertidos a sabor de chocolate durante a torração, principalmente através da reação de Maillard (LOPES *et al.*, 2000).

Otimizar as condições de torração significa desenvolver ao máximo o potencial aromático das amêndoas utilizando tempos de processamento que podem ser mais curtos e, conseqüentemente, viabilizando uma redução de custo deste processo na indústria (LOPES *et al.*, 2000).

Existe a necessidade de garantir a uniformidade do sabor, e é desejado que se desenvolva o sabor potencial em sua totalidade. Os componentes precursores do sabor, como aminoácidos e açúcares redutores livres, em uma fase subsequente à secagem, participam da síntese das alquilpirazinas, citadas como possíveis indicadores da eficiência do processo de fermentação e torração, uma vez que as alquilpirazinas são resultantes da ação microbiana durante a fermentação e principalmente da reação de Maillard que ocorre durante o tratamento térmico (ZAK, 1988; PEZOA, 1989).

O sabor do cacau está associado a componentes químicos específicos. Em torno de 500 compostos voláteis foram identificados no cacau. Dentre eles estão hidrocarbonetos, éteres, cetonas, álcoois, aldeídos, ácidos, furanos, lactonas, ésteres, aminas, fenóis, pirazinas, pirróis, etc. Variações climáticas, genéticas, condições de processamento e variedades são fatores que exercem grande impacto no sabor do cacau, e conseqüentemente no produto final (ZAK, 1988).

Considerando que o cacau é um produto de grande importância na economia brasileira e o cupuaçu um fruto com grandes potencialidades para a industrialização, é importante avaliar o aspecto nutricional de um alimento bastante consumido mundialmente. Apesar de que as sementes frescas, como as avaliadas neste trabalho, não são comercializadas como tal, um estudo destas e das amêndoas fermentadas, é fundamental para se conseguir entender as reações químicas que geram o sabor de cacau; onde os aminoácidos, nutrientes importantes, participam neste caso como precursores de sabor, para a obtenção de um produto final de melhor qualidade. De acordo com vários autores, a partir de amêndoas fermentadas de cupuaçu pode-se produzir um produto análogo ao chocolate. É interessante, portanto, avaliar as etapas de fermentação e torração, e suas alterações do ponto de vista nutricional, contribuindo também com a escassa informação bibliográfica existente.

Usualmente o valor nutricional das proteínas é determinado em animais de laboratório, através da eficiência das mesmas em promover o crescimento destes animais (ABECIA SORIA, 1999). Neste trabalho, as alterações do valor nutricional das proteínas presentes nos pós desengordurados das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas fermentadas e torradas de cacau e cupuaçu foram avaliadas através de ensaio biológico utilizando a metodologia denominada NPR (*Net Protein Ratio*).

De acordo com ABECIA SORIA (1999), o conteúdo protéico (21-22%) e a confirmação de uma perda insignificante durante processamento térmico do valor biológico das proteínas do pó de cacau desengordurado, poderia estimular o setor cacauero através do desenvolvimento de novos produtos com aporte nutricional derivados do pó de cacau.

O pó de cacau atinge, no máximo, preço internacional de US\$ 896.10/ton, enquanto a manteiga de cacau chega em torno de US\$ 4264.20/ton (NATIONAL CONFECTIONERS ASSOCIATION, 2000). Comparativamente o pó de cacau possui menor valor econômico que a manteiga, proporcionando seu uso a um custo mais baixo na formulação de diversos alimentos que já apresentam alta aceitação sensorial, principalmente, para o consumo infantil.

2. OBJETIVOS

- Avaliar a influência das etapas de fermentação e torração na qualidade protéica de cacau e cupuaçu, através de ensaio biológico NPR (*Net Protein Ratio*), utilizando ratos Wistar.
- Verificar a eficiência da técnica de fermentação proposta por GRIMALDI (1978) e modificada por VASCONCELOS (1999), em cacau e cupuaçu.
- Caracterizar físico-quimicamente as espécies estudadas.
- Otimizar o processo de torração de amêndoas de cacau e cupuaçu fermentadas e secas, com auxílio de análise sensorial dos atributos sabor e aroma.
- Contribuir para o aproveitamento das amêndoas de cupuaçu que, atualmente, são descartadas, visando o beneficiamento deste material que pode vir a ser utilizado para consumo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cupuaçu

3.1.1. Dados botânicos e regiões de ocorrência

De acordo com a classificação de CUATRECASAS (1964), o gênero *Theobroma* apresenta 22 espécies todas originadas na América Tropical. Na Amazônia Brasileira são encontradas as espécies: *T. cacao*, *T. camargoanum*, *T. bicolor*, *T. grandiflorum*, *T. microcarpum*, *T. obovatum*, *T. speciosum*, *T. subcanum* e *T. sylvestre*. Todas produzem frutos comestíveis e pelo menos das cinco primeiras espécies acima citadas, acredita-se poder fazer um produto similar ao chocolate (LE COINTE, 1934; PESCE, 1941; DUCKE, 1953; CALZAVARA, 1984; VENTURIERI & AGUIAR, 1988; NAZARÉ, 1990 *apud* VASCONCELOS, 1999). A espécie *T. cacao* é a mais cultivada e *T. grandiflorum* a que apresenta o fruto de maior tamanho (DA SILVA, 1996).

É uma árvore que ocorre normalmente como um componente do extrato intermediário, chegando a atingir o dossel superior, porém não o ultrapassando. No estado silvestre, chega com frequência a 20 m de altura. Nos indivíduos cultivados, o porte varia de 6 a 8 m, com a copa em andares chegando a atingir 7 m de diâmetro (VENTURIERI, 1985 *apud* VENTURIERI, 1993).

O cupuaçuzeiro (Figura 1) tem períodos de floração e frutificação, ocorrendo simultaneamente entre novembro a março. As flores aparecem em junho e desaparecem em março, com pico da florada entre novembro e janeiro. A frutificação ocorre entre novembro e junho, atingindo o pico em fevereiro e março. Em plantas jovens a floração acontece no terceiro ano do plantio, com algumas variações, dependendo da origem da planta (sementes ou enxertia). Em geral, nas plantas de origem de semente, a floração acontece a partir do quarto ano, e as de origem por enxertia, a partir do segundo ano (MÜLLER, 1995).

O fruto é do tipo drupáceo, de forma elipsóide e extremidades arredondadas; seu comprimento varia de 12 a 25 cm e o diâmetro de 10 a 12 cm. O seu peso situa-se entre 0,5 a 4,0 kg, e em média 1,5 kg. O epicarpo (casca) é rígido e lenhoso, recoberto por uma camada pulverulenta de coloração ferruginosa, e que se desprende quando manipulada, expondo a epiderme (pele) de coloração verde. A casca também é constituída do meso-endocarpo (camada mais interior), de cor branco-amarelada, com aproximadamente 7 mm de espessura. As sementes, cujo número médio é de aproximadamente 32 unidades (podendo variar de 9 a 62 unidades) por fruto, são superpostas em fileiras verticais e envolvidas por uma abundante polpa branco-amarelada, de sabor acidulado e aroma agradável (VILLACHICA, 1996).

É encontrado espontaneamente nas matas de terra firme e várzea alta, na parte Sul e Leste do Pará., abrangendo as áreas do Médio Tapajós, rios Xingu e Guamá, alcançando o Nordeste do Estado do Maranhão, principalmente nos rios Turiaçu e Pindaré (CAVALCANTE, 1976 *apud* DA SILVA, 1996). Atualmente está disseminado por toda Bacia Amazônica, e ocasionalmente é encontrada em outros países como a Colômbia, Venezuela, Equador e Costa Rica (VENTURIERI & AGUIAR, 1988), despontando como uma das melhores e mais promissoras fruteiras da região Amazônica.



Figura 1. Árvore do cupuaçu.

Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br>

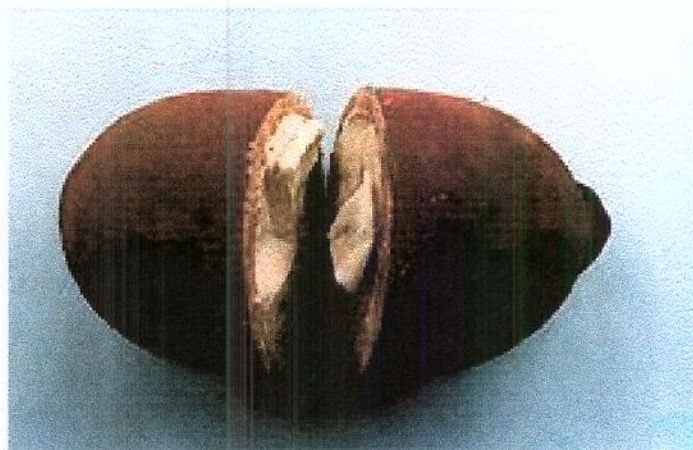


Figura 2. Parte interna do fruto do cupuaçu.

Fonte: <http://www.biosapiens.com.br/03.htm>

3.1.2. Variedades

Em populações nativas de cupuaçuzeiros podem ser encontradas diferentes variedades, que são agrupadas em função do formato do fruto ou da presença ou ausência de sementes, como segue abaixo:

- Cupuaçu redondo: frutos de extremidades arredondadas, apresentam casca com 6 a 7 mm de espessura, peso médio de 1,5 kg e é a variedade mais comum da região Amazônica;
- Cupuaçu casca fina: semelhante ao redondo, porém com casca de 4 a 5 mm de espessura e formato cilíndrico levemente anguloso nas laterais;
- Cupuaçu mamorana: frutos de extremidades alongadas, apresentam casca com 7 a 9 mm de espessura, peso médio varia de 2,5 a 4,0 kg e é a variedade que produz os frutos de maior tamanho;
- Cupuaçu mamau: os frutos não apresentam sementes e possuem formato arredondado, apresentam casca com 6 a 7 mm de espessura e peso médio de 1,5 kg;
- Cupuaçu de Colares: frutos que apresentam a parte próxima ao pedúnculo mais larga e a posterior mais estreita, apresentam casca com 6 a 7 mm de espessura, sem angulações nas laterais e peso médio levemente superior ao cupuaçu redondo (CALZAVARA, 1987; MÜLLER, 1995 *apud* VASCONCELOS, 1999).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

3.1.3. Clima e solo

As condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento do cupuaçuzeiro são bastante variáveis. Nas áreas de ocorrência natural a temperatura média varia entre 21,6 a 27,5°C, a umidade relativa entre 64 a 93% e as precipitações anuais de 1.900 a 3.100 mm. As experiências com cultivos racionais indicam que a espécie tem tido bom desempenho em regiões de clima subúmido ao superúmido, com chuvas anuais superiores a 1800 mm, bem distribuídas e temperatura média anual superior a 22°C (MÜLLER , 1995; VILLACHICA, 1996).

O cupuaçuzeiro desenvolve-se bem tanto em áreas de terra firme, com boa constituição física e capacidade de retenção de água; como nas áreas de várzea alta, desde que não sujeitas a cheias prolongadas (MÜLLER , 1995).

3.1.4. Colheita

A colheita é feita normalmente recolhendo-se os frutos que caem espontaneamente maduros. A maturação do fruto é facilmente reconhecível pelo cheiro agradável e forte, característico do cupuaçu; e corresponde aproximadamente a um período de 4 a 4,5 meses após floração (CALZAVARA, 1987). Os frutos maduros podem permanecer, por volta de uma semana, em condições satisfatórias para o consumo direto ou beneficiamento (RIBEIRO, 1992 *apud* VASCONCELOS, 1999).

3.1.5. Produção e rendimento dos frutos

A produção do cupuaçuzeiro concentra-se na região Amazônica, sendo o estado do Pará o principal produtor, seguido do Amazonas, Rondônia e Acre (RODRIGUES, 1996 *apud* RODRIGUES & SANTANA, 1997).

Atualmente, a área cultivada com cupuaçuzeiros adultos no Pará é de 1.289 hectares, com uma produção estimada de 8227,6 ton de frutos, correspondendo a 1.807 ton de polpa de cupuaçu. Existem 4.608 hectares de novos plantios, o que induz a uma oferta potencial nos próximos anos, sem considerar os possíveis plantios, em torno de 6.459 ton de polpa; significando multiplicar a atual produção em 3,5 vezes (HOMMA, 1996).

Os dados coletados pela EMATER-AM e Sepror/Niesa mostram que, no estado do Amazonas foram produzidos o equivalente a 265,89 ton de polpa de cupuaçu em 1994, com uma área plantada de 917,6 hectares (HOMMA, 1996).

OSQUI & FALESI (1992) *apud* HOMMA (1996) estimaram, no estado de Rondônia, uma área plantada de cupuaçuzeiros em torno de 1.200 hectares, dos quais 120 hectares estariam produzindo os frutos. Quando toda área estiver em franca produção haverá um potencial produtivo de 1.800 ton de polpa. Em 1996, estimou-se 3.000 hectares de área plantada, não sendo possível ultrapassar este valor devido as restrições da CEPLAC, nas áreas produtoras de cacau.

De acordo com as estimativas, foram produzidas em 1996 na Amazônia, de 2.418 a 2.569 ton de polpa de cupuaçu. Considerando que as sementes representam 17,19% do peso do fruto, foram obtidas aproximadamente 1.117 ton de sementes, que na maioria das vezes, são usadas como adubo ou simplesmente descartadas como resíduos.

O mercado nacional de cupuaçu (São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Fortaleza, Imperatriz e Palmas) é promissor, com níveis de procura crescente da polpa congelada, bastando, para isto, produção regular, organização dos produtores e, fundamentalmente, qualidade do produto (RODRIGUES & SANTANA, 1997).

O mercado internacional também é uma opção, pois cresce o interesse no consumo de frutas exóticas. Vale salientar que o hábito do consumo americano e europeu é por alimento pronto ou semi-pronto (*ready to serve*), ou seja, de consumo imediato. Portanto, a falta de tecnologia de processamento que propicie um produto de alta qualidade, higiênico, condizente com os padrões de qualidade exigidos pelo mercado internacional e, por conseguinte, compatível com o hábito desses consumidores, aliado também, à falta de maior divulgação de suas propriedades nutricionais, são fatores que restringem ainda as exportações de cupuaçu para o referido mercado (RODRIGUES & SANTANA, 1997).

O rendimento dos frutos varia de acordo com o tamanho, a procedência, o período de safra e o método de extração. Esta variação é mostrada na Tabela 1. Os frutos pesam em média 1,275 kg, com 43% de casca, 38,5% de polpa, 17,19% de semente e 2, 85% de placenta (VENTURIERI, 1993).

Tabela 1. Rendimento do cupuaçu segundo diversos autores.

Componentes (%)	Autores							Média
	1972**	1978*	1980*	1981*	1984**	1989*	1990**	
Casca	46,47	42,00	37,50	44,40	46,03	46,03	49,02	43,40
Polpa	36,79	40,00	45,50	38,40	36,38	38,54	33,82	38,49
Sementes	16,74	18,00	15,00	17,20	18,95	19,54	14,93	17,19
Placenta	-	-	-	-	-	3,49	2,21	2,85

SANTOS & CONDURU (1972); BARBOSA (1978); CHAAR (1980); OLIVEIRA (1981); CALZAVARA (1984); MIRANDA (1989); VENTURIERI (1990).

* Despolpados manualmente

** Despolpados mecanicamente

Fonte: VENTURIERI (1993) *apud* VASCONCELOS (1999).

3.1.6. Processamento e aproveitamento do cupuaçu

Atualmente, o maior valor da planta está no aproveitamento dos produtos obtidos da polpa, na forma de sucos, sorvetes, cremes, doces (COSTA, 1960; CAVALCANTE, 1974 *apud* DA SILVA, 1996), néctar, licores, compotas, bombons e geléias (BARBOSA *et al.*, 1978; CALZAVARA, 1984).

A partir das sementes podem ser obtidos vários produtos como: *cupulate* em pó, *cupulate* em tabletes amargo, meio-amargo, ao leite e branco (NAZARÉ, 1996). As cascas dos frutos podem ser utilizadas como adubo, uma vez que, possuem 0,72% de N, 0,04% de P e 1,5% de K, em relação ao peso seco, portanto bastante ricas em potássio (SILVA & SILVA, 1986 *apud* VENTURIERI, 1993).

Na tradição artesanal, a polpa de cupuaçu é obtida manualmente. Após a quebra do fruto, a polpa é separada das sementes, com o auxílio de tesouras, e conservada por congelamento em equipamento doméstico. O processo de congelamento utilizado é bastante lento e ineficiente, contribuindo para a baixa qualidade do produto final. Este procedimento, como regra, é inadequado do ponto de vista industrial (RIBEIRO, 1997).

Para a obtenção da polpa, em face do exposto, recomenda-se a utilização do despulpamento mecânico, com utilização de equipamentos apropriados disponíveis no mercado. Atualmente, o processo industrial mais usado na conservação da polpa de cupuaçu é o congelamento, mas destacam-se também a utilização do calor e do abaixamento da atividade de água (RIBEIRO, 1997).

O processo de aproveitamento das sementes de cupuaçu, para a produção de produtos análogos ao chocolate, envolve as etapas de fermentação, secagem, torração e moagem (VASCONCELOS, 1999).

A fermentação é a etapa em que as sementes retiradas do fruto, juntamente com a polpa ou parte desta, sofrem o ataque de microorganismos presentes no meio ambiente. Existem vários métodos de fermentação, dentre os mais utilizados, temos: em montes, em caixas de madeira e em bandejas (VENTURIERI, 1985 *apud* VASCONCELOS, 1999).

Do ponto de vista agronômico, as sementes de cupuaçu quando levemente fermentadas, germinam mais rápido, no entanto, se a fermentação for prolongada ocorre a morte do embrião devido a ação do etanol e do ácido acético absorvido pelos cotilédones e da elevação de temperatura, e assim a semente passa a ser denominada amêndoa (VENTURIERI, 1993; VASCONCELOS, 1999).

A Figura 3 mostra o fluxograma dos produtos que podem ser obtidos a partir dos frutos do cupuaçuzeiro.

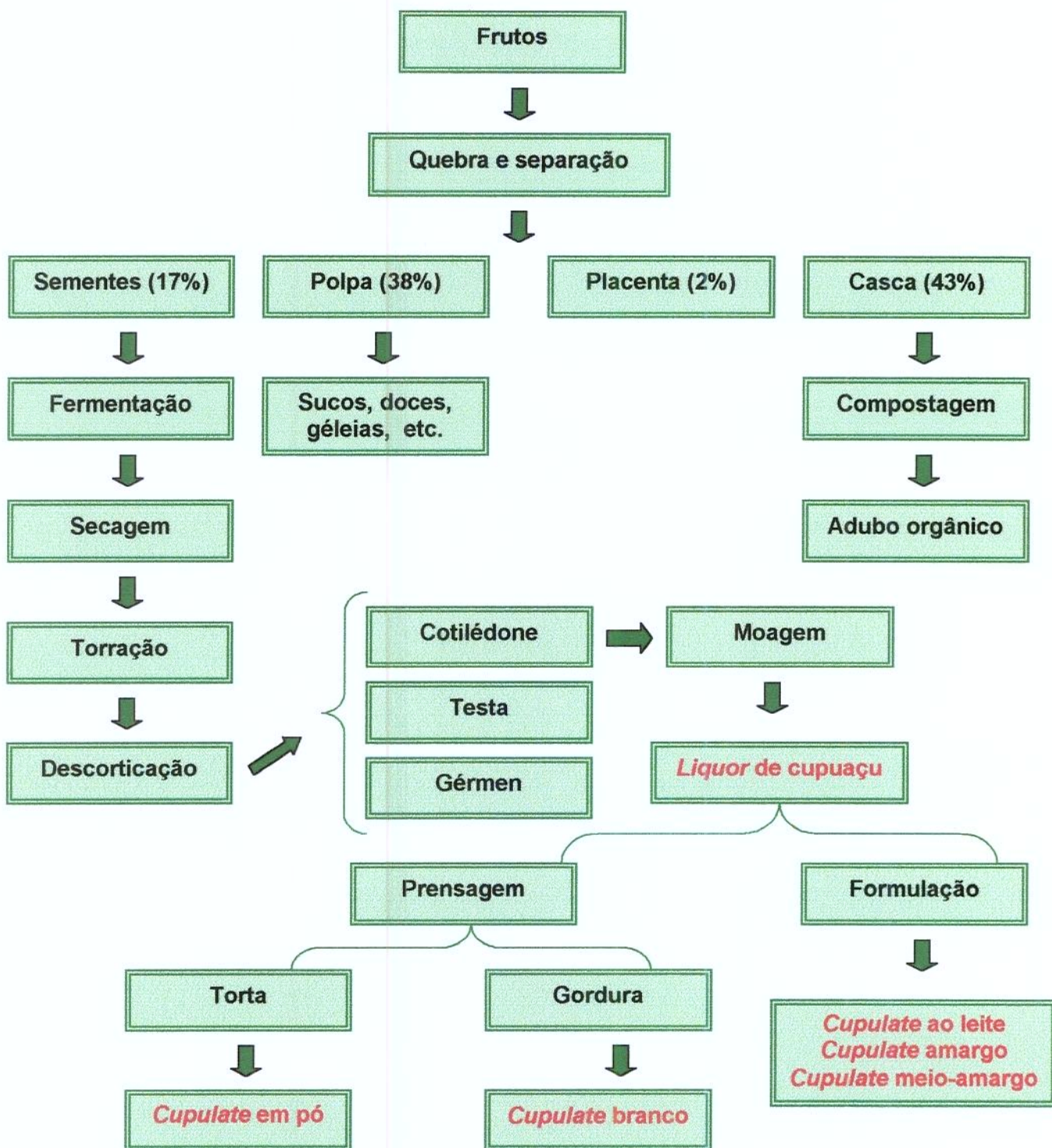


Figura 3. Fluxograma do aproveitamento dos frutos do cupuaçuzeiro.

Fonte: (VENTURIERI, 1993; NAZARÉ, 1996)

COUTINHO (1969); VENTURIERI & AGUIAR (1988); NAZARÉ (1990); ARAGÃO (1992) e CUNHA (1997) estudaram diferentes métodos de fermentação e verificaram que as sementes de cupuaçu fermentadas e torradas podem ser utilizadas na obtenção de produtos que apresentam características nutritivas e organolépticas semelhantes aos produtos advindos do cacau.

VASCONCELOS (1999) estudou as transformações físico-químicas que ocorrem durante a fermentação das sementes de cupuaçu colocadas em caixa de madeira, denominada T-60, com capacidade de 160 kg de sementes. As sementes foram inicialmente colocadas em um primeiro compartimento da caixa, sendo misturadas a folhas de bananeira e cobertas com sacos de aniagem para auxiliar na retenção do calor gerado na fermentação, permanecendo neste compartimento por 48 horas. Após este período as sementes foram revolvidas e transferidas para um segundo compartimento da caixa, permanecendo neste por mais 48 horas. Completada as 48 horas, as sementes foram revolvidas para o último compartimento da caixa, retidas por mais 72 horas. O processo de fermentação teve duração de 7 dias. O autor concluiu que a metodologia utilizada na fermentação de sementes de cupuaçu, mostrou-se adequada para a obtenção de um produto similar ao chocolate.

ARAGÃO (1992) estudou as mudanças físicas e químicas da semente de cupuaçu durante o processo fermentativo. As sementes foram fermentadas em caixas de madeira de 40x40x60 cm durante sete dias com revolvimentos diários. Avaliações no período fermentativo mostraram que a temperatura máxima, 40° C, foi atingida no segundo dia, decrescendo e estabilizando até o final. Mudanças da coloração interna e externa da testa e cotilédones, perda da rigidez dos cotilédones e redução do resíduo de polpa foram as principais alterações visíveis durante a fermentação. Após a fermentação as amêndoas foram submetidas à torração a 150° C por 30 minutos, e foi observado que os cotilédones apresentaram sabor e cor característicos de amêndoas de cacau torradas. A análise química do cotilédone fermentado e torrado apresentou a seguinte composição: 2,43% de umidade, 56,2% de lipídios, 4,22% de fibras, 2,18% de cinzas, 10,56% de proteínas, 24,19% de carboidratos e 640,73 Kcal de energia.

NAZARÉ *et al.* (1990), visando o aproveitamento das amêndoas de cupuaçu, estudaram o processo de fermentação durante um período que variou de cinco a sete dias, e ao término desta etapa as amêndoas foram secas ao sol e, em seguida, torradas em estufa a 150°C. Foram obtidas formulações de *cupulate* ao leite, branco e meio-amargo, em tabletes. Segundo os autores, através de análise sensorial, estes produtos não apresentaram diferença significativa quando comparados aos formulados a partir do cacau, e apresentaram grande aceitação.

3.1.7. Composição química e valor nutricional

BARBOSA *et al.* (1978); CHAAR (1980); OLIVEIRA (1981) e IBGE (1981) *apud* VENTURIERI (1993) caracterizaram a polpa de cupuaçu, segundo a Tabela 2, demonstrando que a polpa do cupuaçu apresenta elevada acidez (cupuaçu = 2,15%; abacaxi = 0,35% expressa em ácido cítrico) e pectina (cupuaçu = 390 a 850 mg/100g; maçã = 709 mg/100g). Os teores de acidez e pectina presentes na polpa de cupuaçu favorecem a fabricação de néctares, geléias e doces (BARBOSA *et al.*, 1978 e CHAAR, 1980 *apud* VENTURIERI, 1993).

VELHO *et al.* (1991) *apud* VENTURIERI (1993), estudaram os compostos responsáveis pelo aroma da polpa e das sementes do cupuaçu através de cromatografia gasosa, encontrando principalmente os ácidos 9-octadecanóico, hexadecanóico e a piperazina na polpa e o acetoaldeído benzênico nas sementes.

Tabela 2. Análise físico-química e composição centesimal da polpa de cupuaçu.

Teor	Autores			
	BARBOSA <i>et al.</i> , (1978)	CHAAR (1980)	OLIVEIRA (1981)	IBGE (1981)
Acidez (% de ácido cítrico)	2,15	2,35	2,0	-
° Brix	10,8	10,5	10,8	-
pH	3,3	3,6	3,2	-
Pectina (mg/100g)	390,0	703,0	850,0	-
Umidade (%)	89,0	86,84	87,80	81,3
Proteína (%)	-	1,9	1,55	1,7
Gorduras (%)	-	0,48	0,65	1,6
Cinzas (%)	0,67	0,73	0,81	0,7
Fibras (%)	-	1,79	1,89	0,5

Fonte: BARBOSA *et al.* (1978); CHAAR (1980); OLIVEIRA (1981) e IBGE (1981).

As sementes de cupuaçu são muito ricas em gordura (57% do peso seco), com uma digestibilidade de 91,1% em humanos (CÔRREA, 1926/1969 *apud* VENTURIERI, 1993). Esta gordura, apesar de possuir as constantes físico-químicas similares a da gordura de cacau, não possui o mesmo comportamento durante a sua fusão devido as diferenças encontradas na proporção de ácidos graxos (Tabela 4). Segundo SILVA (1988), uma adição de 10% da gordura de cupuaçu à gordura de cacau não modificaria de forma significativa o padrão de fusão estabelecido para a gordura de cacau.

A composição centesimal das sementes de cupuaçu, de acordo com PHILOCREON (1962) e QUEIROZ (1999), é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal das sementes de cupuaçu.

Compostos	Autores	
	PHILOCREON (1962) (%)	QUEIROZ (1999) (%)
Umidade	8,88	5,30
Proteínas	10,87	7,81
Gordura	52,52	61,50
Fibras	1,78	5,56
Cinzas	3,73	2,30
Outros carboidratos	22,22	23,09

Fonte: PHILOCREON (1962) e QUEIROZ (1999).

Tabela 4. Composição de ácidos graxos das sementes de cupuaçu e cacau.

Ácidos Graxos	Cacau	Cupuaçu
Mirístico (C14:0)	0,1-0,3	Traços
Palmitico(C16:0)	25,0-28,0	7,2
Palmitoléico(C16:1)	0,4-0,7	0,1
Heptadecanóico(C17:0)	-	0,2
Estearico(C18:0)	33,0-37,0	30,8
Oléico(C18:1)	31,0-35,0	43,9
Linoléico(C18:2)	2,0-3,5	4,6
Linolênico (C18:3)	traços-0,2	Traços
Araquídico(C20:0)	0,6-1,0	11,0
Galadoléico (C20:1)	-	0,4
Beênico(C22:0)	0,0-0,1	1,8

Fonte: SILVA (1988) e BERBERT (1981).

SILVA & ANDRADE (1994) *apud* ANDRADE (1996), estudaram a obtenção e caracterização da proteína da semente de cupuaçu e verificaram que a semente apresenta teores de proteína solúvel significativamente inferiores aos de proteína total quantificada pelo método Kjeldhal. Foram encontrados altos teores de compostos fenólicos, os quais interagem com as proteínas formando complexos insolúveis.

Um provável precursor de cafeína, o ácido 1,3,7,9-tetrametilúrico, foi encontrado nas sementes de cupuaçu (BAUMANN & WANNER, 1980; VASCONCELOS *et al.*, 1975 *apud* VENTURIERI, 1993).

VASCONCELOS (1999) avaliou o teor de proteínas e sua composição em aminoácidos de sementes de cupuaçu, antes, durante e após o processo de fermentação. De acordo com a Tabela 5, ocorreu uma redução na maioria dos aminoácidos ao longo do processo fermentativo e um aumento no teor de serina, glicina, metionina, fenilalanina e arginina, quando comparadas amostras frescas com amêndoas fermentadas e secas. Embora os resultados apresentem diferenças significativas estatisticamente, em termos de valor absoluto estas variações foram pequenas.

Tabela 5. Teores de aminoácidos das sementes de cupuaçu ao longo da fermentação.

Aminoácido (g aa/100g)	Tempo de fermentação (horas)								
	0	24	48	72	96	120	144	168	168 (seca)
Aspártico	4,63	3,92	3,93	4,01	4,53	4,35	4,31	4,19	4,27
Treonina	1,97	1,59	1,33	1,34	1,56	1,44	1,54	1,50	1,59
Serina	1,63	1,40	1,74	1,73	1,47	1,57	1,76	1,83	1,89
Glutâmico	4,57	3,88	3,59	3,67	4,26	4,05	4,07	3,96	4,05
Prolina	0,80	0,70	0,72	1,03	0,45	0,54	0,45	0,47	0,53
Glicina	0,17	0,14	0,40	0,41	0,51	0,48	0,47	0,46	0,49
Alanina	1,71	1,45	1,45	1,48	1,53	1,47	1,44	1,42	1,40
Cistina	0,74	0,53	0,69	0,68	0,58	0,38	0,47	0,47	0,49
Valina	2,96	2,58	2,04	2,05	2,46	2,15	2,04	2,06	1,92
Metionina	0,24	0,22	0,23	0,15	0,21	0,17	0,23	0,15	0,26
Isoleucina	1,57	1,37	1,08	0,99	1,12	1,25	1,20	1,07	1,18
Leucina	2,88	2,53	2,07	1,96	1,89	2,13	2,10	1,99	2,17
Tirosina	1,27	1,06	0,92	1,14	0,88	1,18	1,16	1,16	1,21
Fenilalanina	1,15	0,93	1,33	1,24	0,65	1,34	1,29	1,27	1,31
Lisina	0,99	0,85	1,15	0,94	1,04	1,05	1,43	0,92	0,94
Histidina	0,40	0,37	0,48	0,52	0,61	0,54	0,57	0,46	0,47
Arginina	0,13	0,12	0,51	0,41	0,55	0,55	0,55	0,54	0,52
Total*	27,95	23,82	24,12	24,24	24,88	25,42	25,66	24,27	25,09

* Em base seca desengordurada.

Fonte: VASCONCELOS (1999).

3.2. Cacau

3.2.1. Dados botânicos e regiões de ocorrência

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é cultivado atualmente em países da América do Sul, Central e do Norte, além de países da África, Ásia e Oceania. É originário do continente americano, provavelmente das bacias dos rios Amazonas e Orenoco, de onde se espalhou por toda região e onde ainda se encontram algumas espécies em estado nativo. Duas subespécies distintas se desenvolveram, "Criollo" e "Forastero". Um terceiro grupo chamado "Trinitario", é essencialmente um cruzamento entre "Criollo" e "Forastero" (MINIFIE, 1989; DA SILVA, 1996).

O cacaueiro é uma árvore que possui de 6 m a 12 m de altura (Figura 3), muito ramificada com folhas longas e pendentes de até 35 cm de comprimento (DA SILVA, 1996).

O fruto apresenta aproximadamente de 35 a 50 sementes, que constituem cerca de 13,5 a 29% da massa total do fruto. O comprimento das sementes varia entre 21 e 29 mm, a largura entre 10 a 17 mm, e sua espessura entre 8 e 12 mm, pesando 1,4 a 3g. cada uma. As sementes estão constituídas por um gérmen e dois cotilédones recobertos por um envoltório denominado testa, que é coberto por uma polpa mucilaginosa doce, acidulada e de sabor agradável (ZAMALLOA, 1994).



Figura 4. Frutos do cacaueiro.

Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br>

3.2.2. Clima e solo

O cacaueiro desenvolve-se preferencialmente em locais onde o clima é quente e úmido, com temperatura média anual em torno de 25° C, e índice pluviométrico variando entre 1.300 a 2.000 mm anuais; prefere solos profundos, permeáveis, férteis ou adubados e necessita de sombreamento (LAJUS, 1982; DA SILVA, 1996). Temperaturas inferiores de 12°C impedem ou reduzem a frutificação da planta (SEAGRI, 1999).

3.2.3. Produção

A formação de uma plantação de cacau é um empreendimento complexo e dispendioso. O bom rendimento só é obtido quando a orientação científica substitui técnicas primitivas. Além dos problemas de natureza agrônômica ligados à formação das roças de cacau (principalmente a praga conhecida por vassoura-de-bruxa), existem os de natureza econômica. O cacaueiro só começa a dar rendimento apreciável depois do quinto ano de vida (FERREIRA, 1998).

Embora muitas regiões o cultivem, o grosso da produção de cacau procede atualmente de áreas situadas na Costa da Guiné (África) e no Brasil, particularmente no sul da Bahia. Costa do Marfim é atualmente o maior produtor mundial com uma estimativa de produção para 99 de 1.150.000 toneladas (FIEB, 1998 *apud* FERREIRA, 1998; ICCO, 1999).

O Brasil já foi o maior produtor do mundo e a sua produção encontra-se em decadência. A maioria das lavouras de cacau estão situadas no Estado da Bahia, que produz 94% do cacau brasileiro; e os 6% restantes são oriundos dos Estados do Amazonas, Pará, Rondônia, Maranhão, Pernambuco, Minas Gerais e Espírito Santo e Amapá. A principal zona de produção corresponde à região de Ilhéus - Itabuna, zona bem caracterizada pelo seu clima quente e úmido com chuvas abundantes e regularmente distribuídas (FIEB, 1998 *apud* FERREIRA, 1998).

A produção de cacau em função dos principais países produtores pode ser vista na Tabela 6 .

Tabela 6 . Produção de cacau dos principais países produtores com os respectivos anos.

ANO AGRÍCOLA	Brasil	Gana	Costa do Marfim	Malásia	Indonésia
1976/77	234	n.d	230	21	3
1984/85	403	175	571	99	33
1988/89	336	300	840	222	74
1992/93	305	312	690	219	181
1994/95	229	309	877	120	238
1996/97	156	325	1.100	110	274

* milhares de toneladas.

n.d. – não determinado.

Fonte: FIEB (1998) *apud* FERREIRA (1998).

Segundo referências do IBGE (1999), a produção brasileira no ano de 1998 foi de 280 mil toneladas e a estimativa para 1999 seria de 285 mil toneladas, indicando assim um crescimento da produção em 1,74%.

Apesar de confirmar o aumento na produção entre os anos 97/98, a estimativa para 1999 segundo a International Cocoa Organization (ICCO, 1999) não é tão otimista quanto aos dados do IBGE. A produção seria de 150 mil toneladas e esse decréscimo pode ser explicado não somente pela praga “vassoura de bruxa” que continua a atacar as plantações baianas, mas também a falta de investimentos em técnicas modernas de plantio e o baixo preço do cacau brasileiro no mercado mundial.

3.2.4. Aproveitamento do cacau

O principal produto do fruto do cacaueiro, em termos econômicos, são as sementes, que correspondem a 10% do peso do fruto. As cascas compreendem 80% do peso do fruto fresco, e podem ser utilizadas em alimentação animal (VASCONCELOS, 1999).

ROSA & ROMEU (1982) *apud* VASCONCELOS (1999), relataram em seu trabalho a produção de vinhos e vinagres a partir da polpa de cacau. SOUZA (1996). reportou a utilização da polpa na forma de suco, geléia, licor, doces e outras iguarias.

O beneficiamento das sementes de cacau origina diversos produtos semi-manufaturados, como por exemplo, a massa de cacau, o cacau em pó e a manteiga de cacau e a produtos manufaturados como os chocolates e achocolatados (DRUMMOND, 1998).

O cacau se enquadra entre os alimentos altamente energéticos e estimulantes, cujo sabor é uma característica muito importante constituindo o principal atrativo para o consumo do chocolate (ROHAN, 1964).

3.2.5. Composição química

A polpa de cacau apresenta a seguinte composição química: 82-87% de umidade, 10-15% de açúcares, 2-3% de pentosanas, 1-3% de ácido cítrico e 1-1,5% de pectina (SCHAWN, 1996).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

A composição química das sementes depende de diversos fatores, principalmente da espécie e origem das amêndoas, das práticas agrícolas e do grau de maturação dos frutos, mas em geral segue a média apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Composição média das sementes de cacau.

Constituintes	% p/p*
Gordura	56,0
Cinzas	2,8
Teobromina	1,4
Cafeína	0,2
Polifenóis	6,5
Proteína Bruta	12,0
Açúcares	1,2
Amido	6,3
Pentosanas	1,6
Celulose	9,5
Ácidos Carboxílicos	1,7
Outros compostos	0,8

* em base seca.

Fonte: MINIFIE (1970)

3.2.6. Beneficiamento de cacau

Os frutos do cacau apresentam grande variabilidade referente às características de cor, dimensões, forma de fruto e das sementes, assim como manejos de pós-colheita (ZAMALLOA, 1994). Essas sementes são compostas por um gérmen e dois cotilédones cobertos por um envoltório denominado testa. As sementes, juntamente com a polpa mucilaginosa, são submetidas às operações de fermentação, secagem e armazenamento; onde a qualidade final dos produtos a serem obtidos depende desse conjunto de etapas (ROHAN, 1964).

Além de estar intimamente relacionado à variedade, o sabor é bastante influenciado pelas técnicas de pré-processamento, onde o desenvolvimento potencial dessa característica depende principalmente dos processos de fermentação e secagem, que conjuntamente propiciarão um sabor suave ou forte após a torração, assim como nas etapas seguintes do processamento (ZAMALLOA, 1994).

De acordo com ABECIA SORIA (1999), a produção de chocolate pode se dividir em duas grandes fases, o pré-processamento e o processamento propriamente dito:

- pré-processamento compreende as etapas de colheita do fruto, partido ou quebra do mesmo, retirada das sementes, fermentação das sementes e secagem das amêndoas;
- processamento é a fase subsequente que envolve a obtenção das principais matérias-primas: *liquor*, manteiga e pó de cacau e a fabricação propriamente dita do chocolate e produtos achocolatados, a partir das amêndoas previamente torradas.

3.2.6.1. Colheita e quebra do fruto

O desenvolvimento do fruto, desde a fecundação até a maturação, demora cerca de seis meses. Na prática, a maturidade do fruto é reconhecida geralmente pela mudança de cor do mesmo. Por ocasião da colheita, é muito importante observar o estágio de maturação a fim de assegurar uma fermentação adequada (LAJUS, 1982).

Na maioria dos países produtores de cacau distinguem-se dois períodos de safra: principal (outubro a março) e secundária (abril a setembro), dependendo das condições climáticas de cada região. No Brasil, a safra principal ocorre de outubro a janeiro e a secundária, de maio a agosto (VASCONCELOS, 1999).

A abertura dos frutos e retirada das sementes é tarefa manual, onde utiliza-se um facão chamado cutelo que atinge apenas a casca, partindo-a em duas em expondo as sementes, que separadas da placenta, serão submetidas à fermentação (CEPLAC, 1980).

As amêndoas de frutos verdoengos não fermentam satisfatoriamente, devido à falta de açúcares, ficando os cotilédones compactos com forte adstringência e acidez elevada, além de apresentarem um baixo rendimento. As amêndoas de frutos sobremaduros podem apresentar germinação, ocasionando riscos de contaminação interna das amêndoas, acarretando um grave defeito na classificação (LAJUS, 1982).

3.2.6.2. Fermentação das sementes

No processo de fermentação, considera-se como fatores importantes: sistema de fermentação, temperatura ambiente, pH e acidez da polpa e do cotilédone, tempo e temperatura de processo, revolvimento da massa, microflora e outros (SCHWAN *et al.*, 1990 *apud* BISPO, 1999).

A fermentação das sementes de cacau pode ser realizada de várias formas. Os sistemas mais usados são os montes, cestos, caixas de madeira e bandejas. No Brasil, a CEPLAC recomenda o uso de caixas de madeira, conhecidos como cochos de fermentação, construídas medindo de 0,90 a 1,20 m de largura por 0,90 a 1,00 m de altura e comprimento variável de 2,00 a 6,00 m. As caixas são dotadas de paredes divisórias removíveis no sentido da maior dimensão para facilitar o revolvimento da massa em fermentação, e o fundo deve conter orifícios com 0,6 a 1,0 cm de diâmetro espaçados de 15 em 15 cm para a drenagem dos líquidos liberados durante o processo e aeração da massa (DIAS, 1987).

Os cochos devem ser abastecidos até altura de 90 cm e a massa de sementes coberta com folhas de bananeira ou sacos de aniagem, permanecendo assim por todo período da fermentação, que pode variar de 5 a 7 dias. Os revolvimentos, baseados na transferência da massa de sementes de um compartimento para outro contíguo do cocho, devem ser realizados às 48, 72, 96, 120 e 144 horas após o início do processo (DIAS, 1987).

ROHAN (1964) reporta que a duração da fermentação está relacionada também com a quantidade de polifenóis presentes nas sementes frescas, pois quanto maior a concentração destes pigmentos maior deve ser o período de fermentação. O cacau "Criollo" pode ser fermentado entre 2 a 3 dias, e o "Forastero" de 6 a 7 dias. O autor considerou que o tamanho das sementes também influencia o tempo de fermentação, pois sementes menores fermentam mais rapidamente.

De acordo com a CEPLAC (1980), o término da fermentação é definido pela estabilização da temperatura e aparência externa das sementes, apresentando coloração vermelho-castanho intenso e aroma de vinagre, devido a formação do ácido acético durante o processo fermentativo.

O alto conteúdo de açúcares da polpa fresca que recobre as sementes, seu baixo valor de pH (cerca de 3,6) e seu baixo teor de oxigênio, constituem um excelente meio para o desenvolvimento de leveduras. Esta polpa é fortemente aderida às sementes e composta de aproximadamente 85% de água e 11% de açúcares, além de pequenas quantidades de ácido cítrico, pentosanas e proteínas (MINIFIE, 1989).

Duas etapas principais são identificadas durante a fermentação do cacau: uma fase inicial, anaeróbica, durante a qual as leveduras convertem os açúcares da polpa que envolve a semente a etanol e CO_2 e uma fase subsequente, aeróbica, quando as acetobactérias oxidam o etanol a ácido acético, CO_2 e água. Entre essas duas etapas observa-se também uma ligeira fase láctica (FORSYTH & QUESNEL, 1963 *apud* DIAS & ÁVILA, 1994). O processo é acompanhado por uma aumento de temperatura da massa que alcança de 45 a 50° C, em aproximadamente 3 dias, permanecendo nesses níveis por mais alguns dias (QUESNEL & LOPEZ, 1975).

Entre o segundo e o terceiro dia de fermentação as sementes de cacau perdem a viabilidade germinativa, em consequência da ação do etanol, do ácido acético absorvidos pelos cotilédones e da temperatura alcançada pela massa naqueles momentos (HOLDEN, 1959; QUESNEL, 1965 e DIAS, 1987). Sob o aspecto bioquímico, a morte das células e consequentemente seu rompimento, permite a difusão do conteúdo celular, iniciando várias reações enzimáticas, que são indispensáveis ao desenvolvimento dos precursores do sabor e aroma de chocolate (FORSYTH & QUESNEL, 1957; ROHAN & STEWART, 1967 a; ROHAN & STEWART, 1967 b *apud* DIAS & ÁVILA, 1994; LAJUS, 1982).

Segundo FORSYTH & QUESNEL (1957), as antocianinas do cacau sofrem hidrólise enzimática, após a morte das sementes, perdendo a cor violeta e adquirindo uma coloração mais clara. Posteriormente, durante a operação de secagem, essas cianidinas serão oxidadas sob ação da polifenoloxidase, contribuindo no desenvolvimento da cor marrom típica do cacau.

A reação entre polifenóis e proteínas foi descrita por FORSYTH *et al.* (1958), e tem efeito favorável sobre o sabor de cacau, através da redução do sabor adstringente pela formação de complexos insolúveis entre polifenóis e proteínas.

Ao final da fermentação, as amêndoas de cacau devem apresentar uma coloração interna marrom e não violeta. A presença de amêndoas de cacau de cor violeta é característica de um produto mal fermentado e está relacionada com um fraco sabor de chocolate (FORSYTH & QUESNEL, 1957; ROHAN, 1958; LOPEZ & McDONALD, 1981 *apud* ZAMALLOA, 1994).

3.2.6.3. Secagem das amêndoas

O processo de secagem tem início imediatamente após a fermentação, realizado através de duas técnicas básicas: a secagem natural e a secagem artificial. No primeiro caso, as amêndoas são espalhadas em plataformas permanecendo expostas ao sol sob revolvimento manual freqüente. Na secagem artificial utilizam-se secadores, tendo como fonte de calor a queima de lenha, gás, diesel e, mais recentemente energia solar (LAJUS, 1982).

Além da eliminação de água, a secagem do cacau dá continuidade às mudanças bioquímicas, iniciadas na fermentação, que vão contribuir para o sabor, aroma e cor características do chocolate. A secagem é também responsável pela redução da acidez das amêndoas (CUNHA & SERÔDIO, 1991). HOSKIN & DIMICK (1981), citam que amêndoas de cacau secas ao sol resultam em um produto de melhor avaliação sensorial quando comparado ao cacau seco por outros métodos.

A secagem deve ser conduzida de tal maneira a se obter um teor de umidade em torno de 7%. Secagem excessiva torna a casca quebradiça, enquanto que excesso de umidade facilita o desenvolvimento de mofo (MARAVALHAS, 1971).

3.2.6.4. Torração das amêndoas

A torração é um tratamento térmico fundamental na obtenção das características da qualidade do chocolate, e suas condições dependem de fatores como: a origem e o tipo de amêndoa, períodos de colheita, tratamentos anteriores à torração, umidade e características de sabor desejadas (BAUERMEISTER, 1981; PEZOA, 1989; MERMET *et al.*, 1992; ZAMALLOA, 1994). Já as reações que ocorrem são afetadas por fatores tais como tempo, temperatura, conteúdo de água, pH, assim como pela concentração dos precursores dos compostos aromáticos (QUEIROZ, 1999).

Esta operação térmica caracteriza-se pelos seguintes fenômenos:

- desenvolvimento do aroma típico de chocolate principalmente pela reação de Maillard, a partir dos precursores formados durante a fermentação;
- desenvolvimento da cor típica do chocolate;
- redução dos teores dos ácidos voláteis, principalmente ácido acético;
- inativação das enzimas capazes de degradar a manteiga de cacau;
- redução do teor de água das amêndoas, de 8% para 2% aproximadamente;
- mudança da textura dos cotilédones (mais quebradiça) (QUEIROZ, 1999).

Para ser torrado, o cacau pode se apresentar de diferentes formas: como amêndoas inteiras, como “*nibs*” (amêndoas fragmentadas em pedaços menores) ou como uma massa líquida, a pasta de cacau, também chamada de *liquor* de cacau. Ao se utilizar “*nibs*”, ao invés de amêndoas inteiras, como no processo convencional, a diferença de intensidade de torração, devido à diferença de temperatura nas diversas partes da amêndoa (centro, meio e superfície) é diminuída, conseguindo-se melhor transferência de calor e, por consequência, redução no consumo de energia. A pasta de cacau tem a vantagem de ter uma estrutura homogênea, particularmente no que diz respeito à granulometria das partes sólidas, podendo-se evitar aquelas diferenças de intensidade de tostado devido à heterogeneidade das dimensões dos “*nibs*” e das amêndoas de cacau (BERTINI, 1989 *apud* ABECIA SORIA, 1999).

3.2.7. Aspectos nutricionais do cacau

O valor nutricional dos alimentos está relacionado com a quantidade e tipo das suas proteínas, carboidratos, gorduras, minerais, vitaminas e outros constituintes importantes como: alcalóides, taninos, etc. A Tabela 8 apresenta dados da composição de produtos de cacau e leite em pó. Os valores energéticos contidos nesta tabela foram calculados com o fator 8,7 Calorias/grama de gordura e 4 Calorias/grama de carboidrato. A F.A.O. fornece valores de 8,37 até 8,84 Calorias para cada grama de gordura vegetal, 3,11 até 4,05 Calorias/grama para proteínas vegetais e 3,6 até 4,12 para carboidratos vegetais. O teor de proteína do cacau em pó equivale praticamente ao dobro do teor presente no *liquor* de cacau, e outros subprodutos de cacau apresentam teores de proteína significativamente menores (RUSSEL, 1972 *apud* ABECIA SORIA, 1999)

Tabela 8. Constituintes nutricionais dos produtos de cacau e leite em pó.

Produto	Umidade (%)	Lípídeos (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)	Cinzas (%)	Calorias por 100 gramas
<i>Liquor</i> de Cacau	1,0	53,0	12,0	25,0	3,2	615
Cacau em Pó	4,0	10,0	22,4	46,7	6,0	375
Chocolate Doce Escuro (a)	0,6	31,0	3,0	63,5	0,8	537
Chocolate Doce Escuro (b)	0,6	31,0	3,0	58,8	1,34	536
Chocolate Bittersweet (c)	1,0	37,1	8,4	47,5	2,24	550
Chocolate ao Leite (d)	0,9	32,0	6,0	59,5	1,39	541
Cobertura de Sorvete (e)	0,3	60,0	2,0	46,3	0,54	676
Leite em Pó	2,0	30,5	25,2	36,7	5,6	513

(a) *Liquor* de cacau 25 %, açúcar 57,25 %, M.C. adicionada 17,75 %.

(b) *Liquor* de cacau 42 %, açúcar 48,26 %, M.C. adicionada 9,74 %.

(c) *Liquor* de cacau 70 %, açúcar 30 %.

(d) *Liquor* de cacau 12 %, açúcar 49,85 %, Leite em pó 18 %, M.C. adicionada 20,15 %.

(e) *Liquor* de cacau 17 %, açúcar 82 %, óleo 51 %.

M.C. = Manteiga de Cacau.

Fonte: COOK (1972) *apud* ABECIA SORIA (1999).

A presença de altos níveis de gordura no *liquor* de cacau e em diversos tipos de chocolates é importante, devido as gorduras apresentarem maior quantidade de energia do que as proteínas e carboidratos. Em contrapartida, as gorduras são digeridas lentamente em comparação com os carboidratos, que liberam energia mais rapidamente. Esta digestão demorada das gorduras resulta numa maior sensação de saciedade do apetite, o que torna o cacau uma fonte de energia de longa ação comparado-se com as mesmas calorias ingeridas na forma de carboidratos (COOK, 1972 *apud* ABECIA SORIA, 1999).

Atualmente, mostra-se uma crescente preocupação sobre a ingestão de gorduras e sua relação com doenças coronárias. É notável a porcentagem de gorduras nos produtos à base de cacau, no entanto a manteiga de cacau tem uma composição de ácidos graxos pouco comum, onde cerca de 33% dos ácidos graxos saturados são representados pelo ácido esteárico (18:00), e que comprovadamente não causa elevação do colesterol do soro sanguíneo devido ao seu metabolismo específico (rápida conversão em ácido oléico) ou ao seu efeito direto no metabolismo do colesterol hepático, em humanos (DENKE, 1994).

As proteínas dos alimentos, geralmente são avaliadas quanto à sua capacidade de prover aminoácidos requeridos pelo organismo humano; desta forma elas podem ter um alto ou um baixo "Valor Biológico" (DRUMMOND, 1998).

A digestibilidade da proteína pode ser entendida como sendo a parte ou porção da proteína que pode ser hidrolisada pelas enzimas digestivas até aminoácidos e que, portanto estaria disponível biologicamente (SGARBIERI, 1996).

De acordo com MITCHELL *et al.* (1926) *apud* CHATT (1953), através de experimentos com ratos, o valor biológico das proteínas de cacau é 37% e o coeficiente de digestibilidade de 38%, significando que grande parte das proteínas presentes não podem ser utilizadas pelo organismo.

JENSEN (1931) *apud* RUSSEL (1972), verificou que do total das proteínas do cacau, 38 % são digeríveis, 37 % são usadas para "manutenção", e 14 % são usadas "dieteticamente"; comparado-se respectivamente com 95; 82,5 e 80 % das proteínas do leite.

MEURSING (1983) determinou o valor nutritivo do cacau em pó e a digestibilidade de seus constituintes. Os lipídios presentes no pó de cacau (cerca de 24,5%) apresentavam uma digestibilidade de 90%; enquanto que as proteínas (19,8%) e os carboidratos (37,9%), valores de digestibilidade de 42% e 32% respectivamente. De acordo com o autor, a quantidade de gordura nestes produtos podem variar de 9 a 23%.

3.2.7.1. Frações protéicas do cacau

As sementes de plantas, durante seu desenvolvimento, armazenam grandes quantidades de proteínas, que servem como fonte de compostos orgânicos necessários à germinação. A fração protéica das sementes de cacau é formada por albuminas, globulinas, prolaminas e glutelina; sendo as albuminas encontradas em maior quantidade (ZAK & KEENEY, 1976).

VOIGT & BIEHL (1993) analisaram a solubilidade das proteínas das sementes de cacau e observaram a presença de albumina e globulina (Tabela 9). A albumina foi encontrada predominantemente na fração protéica (52% do total das proteínas). Para a classe das globulinas, uma proporção de 43% do total das proteínas das sementes de cacau foi verificada. Como pré-requisito para o fracionamento das proteínas, de acordo com as diferenças de solubilidade, uma completa extração dos polifenóis foi realizada para que as proteínas não fossem irreversivelmente desnaturadas pelas quinonas formadas durante o processo de fracionamento. Dentre os principais componentes da fração globulina foram encontrados polipeptídeos com peso molecular de 47 kDa, 31 kDa e 14,5 kDa, e para a fração albumina foi encontrado predominantemente um polipeptídeo de 19 kDa de peso molecular.

Tabela 9. Solubilidade das frações protéicas de sementes e amêndoas de cacau.

Fração protéica	Amêndoas fermentadas		Sementes não fermentadas	
	(mg/g)*	(%)	(mg/g)*	(%)
Albumina	236±15	52±3,3	172±22	79±10,1
Globulina	197±14	43±3,1	18±8	8,3±3,7
Prolamina	1	-	1	-
Glutelina	24±5	5±1,0	28±8	12,8±3,7

* amostra seca previamente submetida à extração de gordura, alcalóides e polifenóis.

Fonte: VOIGT & BIEHL (1993).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Durante a fermentação, a solubilidade das frações protéicas do cacau varia bastante, enquanto algumas frações sofrem diminuição na solubilidade outras têm a solubilidade aumentada, mas a quantidade total de proteína no cacau aparentemente não é modificada. ZAK & KEENEY (1976) mostraram a influência da fermentação na solubilidade das distintas frações protéicas das sementes de cacau na Tabela 10, e durante o processo de torração na Tabela 11. Os autores verificaram durante a fermentação, um aumento na solubilidade da fração albumina balanceado pelo decréscimo das frações restantes. A partir do 3º dia, os valores de solubilidade não apresentaram modificações significativas, coincidindo com a redução da atividade proteolítica na fermentação.

Tabela 10. Modificações das frações protéicas durante a fermentação.

Fração protéica	Dias de fermentação						
	0	1	2	3	4	5	6
Albumina (%)	41,3	47,3	56,1	72,5	68,5	69,2	70,7
Globulina (%)	21,0	28,2	24,2	13,7	14,6	14,6	15,0
Prolamina (%)	12,8	4,6	3,8	3,1	4,6	5,4	3,8
Glutelina (%)	24,8	19,8	15,9	10,7	12,3	10,8	10,5
Proteína total (%)*	17,6	17,2	20,4	20,7	21,2	20,8	20,1

* em base seca desengordurada.

Fonte: ZAK & KEENEY (1976).

Tabela 11. Modificações das frações protéicas do cacau durante a torração.

Fração protéica	Cru	Torrado
Albumina (%)	62,9	79,5
Globulina (%)	12,1	3,6
Prolamina (%)	14,2	6,8
Glutelina (%)	10,9	9,7
Proteína total (%)*	18,4	17,1

* em base seca desengordurada.

Fonte: ZAK & KEENEY (1976).

O teor de proteína presente nas sementes do cacau sofre variações durante a fermentação, normalmente esta etapa é realizada em 6 ou no máximo durante 7 dias. De acordo com AREMU (1995), mudanças no perfil de proteínas do cacau quando comparadas as sementes frescas com amêndoas fermentadas por até 12 dias verificaram que o teor de proteína das sementes frescas (17,5%) não foi afetado depois de três dias de fermentação (17,6%), ocorrendo um aumento significativo até o sexto dia (19,8%), mas a partir do nono dia (14,6%) ocorreu uma queda significativa no teor de proteínas quando comparado ao valor presente nas sementes frescas.

DRUMMOND (1998) estudou a relação entre a qualidade nutricional e o processo de torração de “nibs” de cacau, utilizando como método para avaliação nutricional o PER (Quociente de Eficiência Protéica). De acordo com análise estatística, somente a dieta contendo cacau torrado por 50 min foi diferenciada significativamente da dieta controle, onde a única fonte protéica foi a caseína. Durante os ensaios biológicos, observou-se que as diferenças nutricionais entre as dietas foram mais pronunciadas nos animais mais jovens, ou seja, nas duas primeiras semanas do experimento.

ABECIA SORIA (1999) estudou o valor nutritivo e a fração albumina dos extratos de proteína solúvel de amêndoas de cacau em função do tempo de torração e observou que a maioria dos aminoácidos provenientes de cacau torrado, até 38 minutos, sofreu perdas consideradas pequenas na sua concentração, excetuando-se a lisina, valina e treonina; as quais foram acentuadas já a partir dos primeiros 30 minutos de torração. De acordo com o ensaio biológico NPR (Quociente de Eficiência Líquida de Proteína) foi observado que as tendências de variação de peso foram suaves e que o ganho de peso dos ratos com as dietas com proteínas de cacau ficou em torno de 40% do obtido com a dieta controle com caseína, excetuando-se as de cacau torrado a 42 e 46 minutos, que não promoveram qualquer crescimento, mostrando o valor suficiente apenas para a manutenção da massa corporal inicial. Foi mostrado que o processo de torração não influenciou de forma significativa a solubilidade das proteínas de cacau.

3.2.7.2. Aminoácidos do cacau

As proteínas simples são compostas de cerca de vinte aminoácidos, nove dos quais são considerados essenciais, isto é, têm que estar presentes na dieta em quantidades e proporções definidas, uma vez que o organismo humano não possui a capacidade de sintetizá-los a partir de outras substâncias. Tais aminoácidos são os seguintes: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (SGARBIERI, 1996).

ROHAN (1964) estudou a fermentação de sementes de cacau provenientes de algumas regiões produtoras da África e avaliou os teores de aminoácidos entre as amostras de cacau fermentado e não fermentado submetidas à diálise (Tabela 12).

Tabela 12. Aminoácidos das sementes fermentadas e não fermentadas de cacau.

Aminoácidos	g aminoácido/100 g fração F*	
	Fermentadas	Não Fermentadas
Valina	2,60	0,57
Leucina	4,75	0,45
Isoleucina	1,68	0,56
Treonina	0,84	0,14
Serina	1,99	0,88
Lisina	0,56	0,08
Fenilalanina	3,36	0,56
Histidina	0,036	0,08
Arginina	0,35	0,08
Ácido Glutâmico	1,77	1,02
Glicina	0,35	0,09
Tirosina	1,27	0,57
Alanina	3,61	1,04
Prolina	1,97	0,72
Total	25,14	6,84

* fração obtida por diálise.

Fonte: ROHAN (1964).

ROHAN & STEWART (1967) verificaram uma perda de aminoácidos durante a torração (28 min/182° C) em torno de 53%.

REINECCIUS *et al.* (1972) estudaram o consumo de aminoácidos livres em amêndoas de cacau provenientes de Gana e República Dominicana durante o processo de torração a 150°C/30 min. Foi observado uma diminuição da concentração dos aminoácidos de cerca de 26% para as amêndoas de Gana, que se tratavam de amêndoas bem fermentadas; e de 55% para as amêndoas provenientes da República Dominicana, amêndoas não fermentadas.

3.2.7.3. Fatores anti-nutricionais

DODO *et al.*, (1992), *apud* DRUMMOND (1998), determinaram em um estudo envolvendo comparações aminoacídicas, similaridades entre uma proteína 21 kDa proveniente da semente do cacau e uma proteína inibidora de alfa-amilase/subtilisina proveniente da cevada. Interessados neste resultado, passaram a extrair e purificar a proteína de 21 kDa da semente fresca de cacau, variedade "Forastero", e em seguida realizaram estudos e ensaios da atividade inibidora de alfa-amilase, subtilisina, quimotripsina e tripsina. Os resultados revelaram a atividade inibidora de tripsina na proteína de cacau em sementes frescas (não fermentadas), no entanto, os pesquisadores acreditam que após a fermentação as amêndoas possam ainda ter atividade inibidora de tripsina, já que durante este processo, as sementes não ultrapassam temperaturas de 50°C. Acredita-se também que esta atividade não exista no produto final, devido ao tratamento térmico pelo qual as amêndoas devem passar durante o processamento para a obtenção do chocolate, onde são atingidas temperaturas de 150°C, no interior do equipamento, por 20 a 30 minutos.

3.3. Avaliação nutricional das proteínas

As proteínas são macronutrientes constituídos por aminoácidos. São considerados nutrientes basicamente plásticos e reparadores de tecidos, mantendo os processos orgânicos de crescimento, desenvolvimento e de reparação de células danificadas (FARFÁN, 1999).

No conjunto de alimentos consumidos, a quantidade e a qualidade das proteínas devem ser estudadas. A importância da composição proporcional e balanceada dos aminoácidos das proteínas baseia-se no princípio de que tanto a falta como o excesso de um ou mais aminoácidos implica em desequilíbrio do metabolismo, provocando atrasos no crescimento e alterações no organismo (DE ANGELIS, 1995).

Os métodos de avaliação da qualidade protéica compreendem determinações do valor nutritivo através de análises químicas da composição aminoacídica, métodos bioquímicos e biológicos.

Dentre os métodos de avaliação da qualidade protéica *in vivo* temos os métodos baseados na variação de peso corporal e os métodos baseados na retenção de nitrogênio, que são executados através de medidas de nitrogênio ingerido e excretado em fezes e urina ou por determinação da quantidade de nitrogênio de carcaça (HEYDE, 1991).

Assumindo que ocorre variação total de proteína corporal motivada por diferenças da qualidade protéica de dietas, é comum medir-se a variação do peso corporal como um reflexo global da atuação da proteína ingerida. Desde o início do século, vários pesquisadores conseguiram expressar o valor biológico de uma proteína como sendo sua capacidade de promover o crescimento de um organismo (DE ANGELIS, 1995).

Esta metodologia deu origem a diversos métodos de avaliação protéica *in vivo* (DE ANGELIS, 1995) baseados na variação do peso corporal, como o PER (Quociente de Eficiência Protéica), o NPR (Quociente de Eficiência Líquida da Proteína), RNV (Valor Nutritivo Relativo).

FARFÁN*, relatou que o PER é um método clássico de referência, conforme a AOAC (1997), mas este nem sempre reflete a qualidade da proteína de um modo geral, apresentando-se somente como uma medida da eficiência com que o organismo a utiliza para o crescimento. O NPR, por sua vez, considera a eficiência da proteína ingerida na manutenção e no aumento de peso.

Em 1982, um grupo de especialistas, através de estudos colaborativos, reuniram-se a fim de estabelecer qual seria o melhor método a seguir para determinação da qualidade nutricional de proteínas vegetais. Os resultados obtidos, apontaram o RNPR, que é o NPR relativo a uma proteína de referência (caseína ou ovalbumina) (DE ANGELIS, 1995).

Segundo JACQUOT & PERET (1972), as vantagens deste método se baseiam na rapidez e simplicidade. De acordo com EVANS & WITTY (1978), ao considerar as necessidades protéicas para manutenção o NPR torna-se mais adequado que o PER.

Embora outras técnicas ou ensaios biológicos existam para avaliar as proteínas alimentares, os métodos clássicos como o NPR e PER ainda podem ser utilizados devido à ampla base de dados existentes na literatura obtidas por estes métodos.

* Dr. Jaime Amaya Farfán (Universidade Estadual de Campinas) comunicação pessoal, 2000.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Matéria-prima

Foram utilizados frutos (safra de 1999), coletados na região de Tomé-Açu no Estado do Pará, fornecidos pela Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), onde foram realizadas as etapas de fermentação e secagem.

4.1.2. Equipamentos e aparelhos

- Torrador rotativo elétrico de laboratório, PROBAT-WERKE;
- Moinho IKA- UNIVERSAL MÜHLE M20 Janke & Sunsel GmbH. Cokg.;
- Moinho piloto de rolos BRABENDER – SENIOR, mod. Quadromatic;
- Moinho de facas ICMA tipo Rietz;
- Separador de testa da amêndoa por fluxo de ar, DTA/FEA/UNICAMP;
- Extrator de gorduras fabricado por encomenda (capacidade 6 litros);
- Bloco digestor de proteínas TECHNICOM, mod. BD – 40;
- Destilador de nitrogênio TECNAL, mod. TE-036;
- pH-metro MICRONAL, mod. B- 374;
- Mufla ENGRO, mod. 355- L;
- Estufa FANEM, mod. 315-SE;
- Balança semi-analítica METTLER, mod. P 1210;
- Autoclave vertical LEE METAL PRODUCTS CO. INC.;
- Cromatógrafo de troca iônica com derivatização pós-coluna com ninidrina - P4000, com reator PCX3100 ;
- Outros equipamentos comuns de laboratório e planta piloto.

4.1.3. Reagentes

Os reagentes utilizados nas análises químicas foram aqueles próprios para análise (p.a.) e possuíam diferentes procedências: Merck, Nuclear, Cinética Química LTDA, Grupo Química LTDA, Sigma e outros.

4.1.4. Animais utilizados no ensaio biológico

Foram utilizados 64 ratos machos, recém-desmamados, da linhagem Wistar, SPF, com 21 dias de idade e peso médio de $53,95 \pm 3,61$ g, provenientes do Biotério Central da Universidade Estadual de Campinas (CEMIB-UNICAMP), Campinas, São Paulo.

4.2. Métodos

4.2.1. Processamento da matéria-prima

4.2.1.1. Obtenção das sementes

A matéria-prima foi processada conforme fluxograma apresentado na Figura 5. Cerca de 800 kg de frutos de cupuaçu e cacau das variedades “Redondo” e “Forastero” respectivamente, foram coletados para a obtenção de aproximadamente 140 kg de sementes de cada tipo de fruto.

No caso específico do cupuaçu, as sementes foram despulpadas mecanicamente, restando cerca de 5% de polpa aderida à semente, quantidade suficiente para a realização de uma boa fermentação. Partindo-se de 140 kg de sementes de cupuaçu despulpadas, foram retirados 20 kg para secagem natural em barcaça, o restante (120 kg) foram utilizados nos processos de fermentação e secagem.

Os frutos de cacau foram colhidos no estágio maduro e quebrados 3 dias depois para o início da fermentação. Foram obtidos 140 kg de sementes de cacau, e como as sementes de cupuaçu, 20 kg foram retirados para secagem, enquanto o restante foi fermentado e seco.

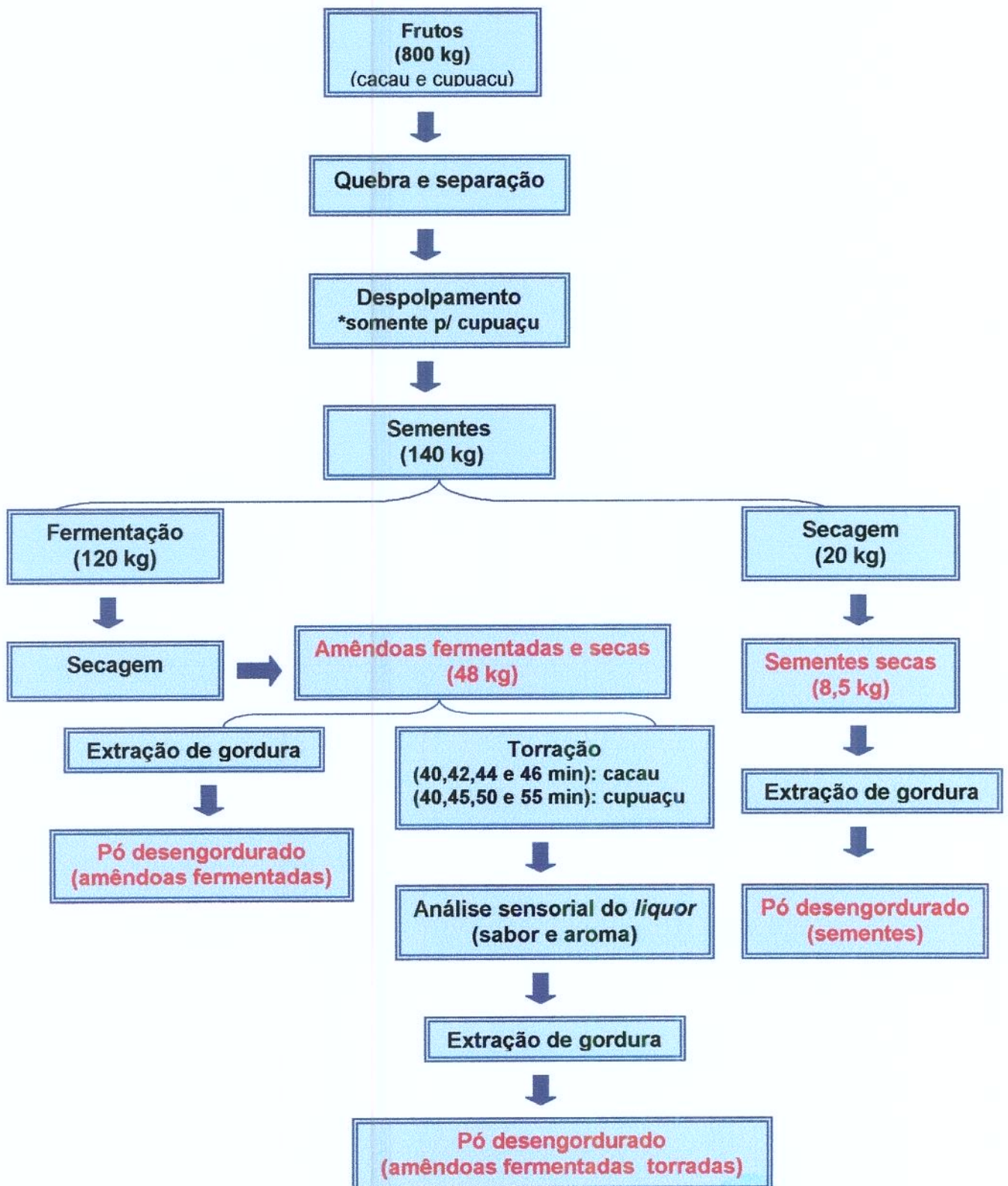


Figura 5. Fluxograma do processamento dos frutos (cacau e cupuaçu) para obtenção dos pós desengordurados das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas fermentadas torradas.

4.2.1.2. Fermentação e secagem

As sementes de cupuaçu e cacau foram fermentadas em caixa de madeira, com dimensões de 190 x 120 x 60 cm de altura e espaço entre as tábuas de fundo de 0,2 cm, para escoamento dos líquidos durante o processo fermentativo; construída de acordo com GRIMALDI (1978), denominada T-60 (Figuras 6 e 7). A caixa possui três compartimentos com forma e volume adequados para as fases aeróbia e anaeróbia da fermentação e capacidade para 160 kg de sementes, devendo ser colocada sob abrigo da chuva e sol. As sementes foram colocadas na caixa juntamente com folhas picadas de bananeira, propiciando uma inoculação atribuída aos microorganismos existentes na superfície desta folha, e cobertas por sacos de aniagem a fim de auxiliar a retenção de calor gerado durante a fermentação.

O processo fermentativo teve duração de 7 dias, e durante o qual foram realizados revolvimentos no 2º, 4º e 6º dia da fermentação.

Foram obtidas as temperaturas diárias da massa, em diferentes níveis: superfície, meio e fundo. Amostras diárias foram retiradas para determinação de pH de acordo com o método 31.1.07 da AOAC (1997) e acidez total titulável segundo método 11.14.3 (ICCO/AOAC, 1995).

Após o término da fermentação, as amêndoas foram secas ao sol em barcaças de madeira, até atingir umidade residual aproximada de 6%, determinada com o auxílio de um medidor de umidade de cacau, modelo HYGRON fabricado por GEHAKA LTDA.

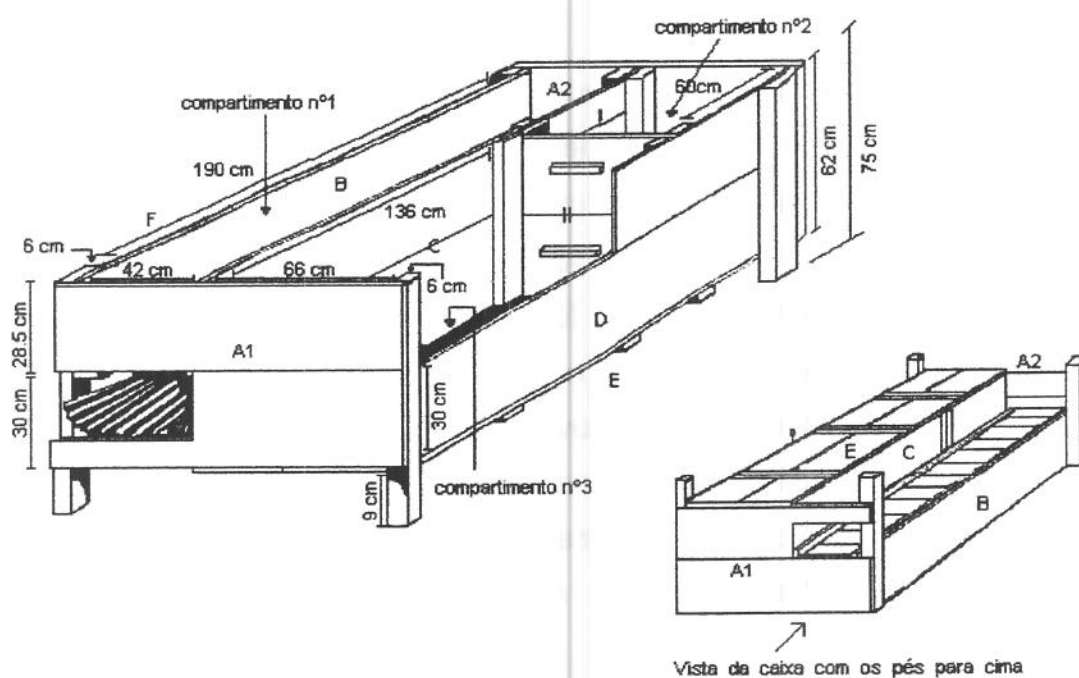


Figura 6. Esquema da caixa de fermentação T-60.

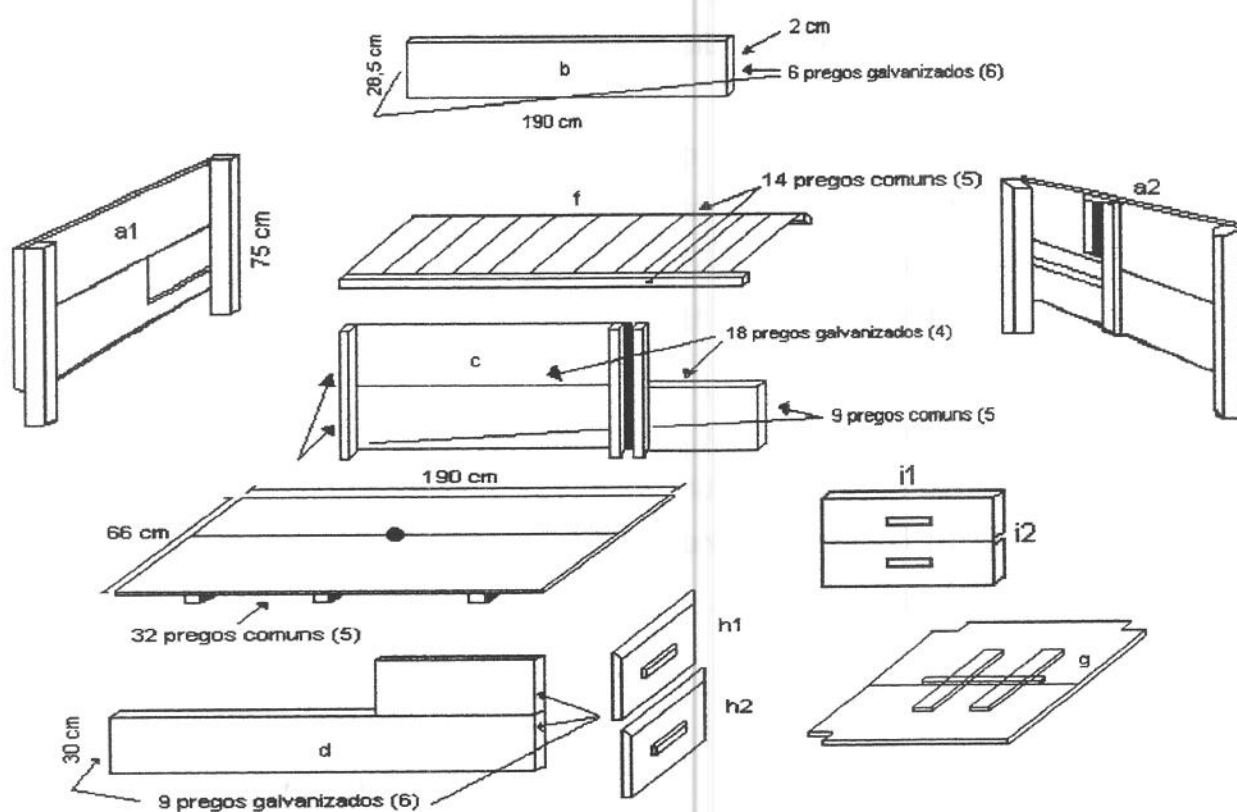


Figura 7. Peças componentes da caixa de fermentação.
Fonte: GRIMALDI (1978) *apud* VASCONCELOS (1999).

4.2.1.3. Torração das amêndoas

Foram realizadas torrações em lotes de 250 ± 1 g de amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu utilizando torrador elétrico rotativo munido de controle de temperatura de precisão. A temperatura utilizada na camisa de aquecimento do torrador no início do processo foi estabilizada em 150°C .

De acordo com FADINI (1998), o processo de torração de *nibs* de cacau à temperatura de 150°C durante 38 minutos, é considerado adequado para o desenvolvimento do sabor e aroma de chocolate.

A torração de amêndoas inteiras apresenta uma menor eficiência na transferência de calor do que a torração de *nibs*, portanto foram estabelecidos tempos superiores (40, 42, 44 e 46 minutos) para a torração de cacau em amêndoas. Utilizou-se a mesma temperatura de processo na camisa do torrador (150°C).

Para as amêndoas de cupuaçu, foram estipulados tempos de permanência de 40, 45, 50 e 55 minutos na camisa do torrador, devido a este material apresentar uma testa bastante espessa, dificultando a transferência térmica do processo de torração.

QUEIROZ (1999), determinou através do estudo das pirazinas, que são compostos associados à formação do aroma de cacau, e da análise sensorial, que o tempo mais indicado para torração de amêndoas inteiras de cupuaçu foi de 42 minutos a uma temperatura de 150°C na camisa do torrador. Como existem poucos trabalhos à respeito da torração de amêndoas inteiras de cupuaçu, utilizou-se um intervalo de tempo maior entre as amostras para observar a evolução do desenvolvimento de sabor e aroma similar ao chocolate.

O processo de torração foi realizado acoplando-se um termômetro digital no interior do torrador, sendo a variação de temperatura medida em intervalos de tempo constantes até o término do processo.

Após a torração, as amêndoas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e estocadas em câmara de refrigeração (4°C). Dentre os produtos torrados o melhor tempo de torração, determinado segundo a análise sensorial, foi utilizado na formulação das dietas para o ensaio biológico com animais.

4.2.1.4. Obtenção dos *nibs*

As sementes, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas, íntegras, foram quebradas em moinho de facas tipo Rietz (IMCA) para a obtenção de fragmentos menores denominados *nibs*, e separados da testa com auxílio de uma coluna de ar. Em seguida os *nibs* foram selecionados por tamanho; utilizando-se peneiras com vários tamanhos de furos, onde os *nibs* com tamanho superior a 6 mm voltaram para nova fragmentação, e os menores que 2 mm foram descartados. O objetivo desta operação é obter *nibs* de tamanho uniforme e limitar a quantidade de testa e gérmen. O rendimento foi calculado como a porcentagem dos *nibs* com tamanhos de 2 – 6 mm em relação ao peso total das amêndoas inteiras.

4.2.1.5. Obtenção dos flocos

Os *nibs* de cacau e cupuaçu, utilizados no ensaio biológico foram previamente laminados em moinho de rolos paralelos e ajustáveis, até obter-se uma granulometria adequada (flocos) para facilitar o processo de extração da gordura.

4.2.1.6. Extração da gordura dos flocos de cacau e cupuaçu

Os flocos de cacau e cupuaçu foram desengordurados com solvente (hexano p.a.) em extrator de gorduras desenvolvido no Laboratório de Frutas e Hortaliças. O equipamento tem capacidade para 2 kg de material e 6 litros de solvente. O processo de extração da gordura do material, previamente acondicionado em um cone de papel de filtro, foi realizada com o solvente a frio e teve duração de aproximadamente 36 horas. Foram realizadas análise do teor de gordura, segundo o método 31.4.02 da AOAC (1997), para verificar se houve suficiente extração de gordura das amostras no processo, e análise do teor de proteína das amostras desengorduradas, de acordo com o método 31.1.08 da AOAC (1997).

4.2.1.7. Inativação dos fatores anti-nutricionais por tratamento térmico

Os flocos desengordurados das sementes e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu foram submetidos a tratamento térmico em autoclave vertical, utilizando temperatura de 110°C por 5 minutos.

4.2.2. Caracterização das sementes e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu

4.2.2.1. Classificação das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu

As amêndoas fermentadas e secas de cacau e cupuaçu foram classificadas através da prova de corte, conforme método proposto na Resolução N° 42 do Conselho Nacional de Comércio Exterior (CONCEX, 1968), que admite a tolerância dos seguintes defeitos (amêndoas contadas e não pesadas):

- amêndoas mofadas e danificadas por insetos, total máximo de 4% e não mais de 2% de cada defeito isoladamente, sem que a soma ultrapasse a tolerância máxima de 4%;
- amêndoas ardósias, máximo de 2%;
- amêndoas germinadas, achatadas e/ou outros defeitos, não ultrapassando a tolerância máxima de 2%.

Foram utilizados 3 lotes de 100 amêndoas retiradas aleatoriamente, as quais foram seccionadas longitudinalmente e observadas uma a uma de acordo com o método proposto acima.

4.2.2.2. Caracterização física das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu

As amêndoas de cacau e cupuaçu foram caracterizadas fisicamente de acordo com as seguintes determinações:

- Densidade aparente, método descrito por MEURSING (1983);
- Composição física (cotilédone, testa e gérmen);
- Dimensões (comprimento, largura e espessura);
- Massa média por amêndoa.

4.2.2.3. Determinações físicas e químicas dos *nibs*

As características físico-químicas foram avaliadas utilizando-se os métodos analíticos descritos a seguir; sendo realizados para as sementes não fermentadas e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu, em triplicata:

4.2.2.3.1. Teor de umidade

O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia 31.1.02 da AOAC (1997).

4.2.2.3.2. Teor de proteína

O teor de proteína foi determinado pelo método micro Kjeldahl, baseado na hidrólise e posterior destilação da amostra, de acordo com o método 31.1.08 da AOAC (1997).

4.2.2.3.3. Teor de lipídios

Foi obtido por extração Soxhlet diretamente na amostra, segundo o método 31.4.02 da AOAC (1997).

4.2.2.3.4. Teor de cinzas

Determinado por carbonização das amostras até cessar a liberação de fumaça seguido de calcinação em mufla a 540° C até peso constante, segundo o método 31.1.04 da AOAC (1997).

4.2.2.3.5. Teor de fibras

Determinado utilizando-se o método *Acid Detergent Fibre* (ADF), segundo GOERING & VAN SOEST (1970).

4.2.2.3.6. Valor calórico total

Calculado pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos totais multiplicados pelo fator 4 kcal/g, somado ao teor de lipídios obtido pela multiplicação por 9 kcal/g, segundo KALIL (1975); PASSMORE *et al.* (1975); USDA (1963).

4.2.2.3.7 Acidez total titulável e pH

Foi determinada a acidez total titulável utilizando o método 11.14.3 ICCO/AOAC (1995) e o pH de acordo com a metodologia 31.1.07 da AOAC (1997).

4.2.3. Análise sensorial do *liquor*

As amêndoas de cacau e cupuaçu provenientes da torração foram separadamente quebradas em moinho de facas tipo Rietz (ICMA) e os fragmentos, constituídos de *nibs* e testa, separados em coluna de ar. Os *nibs* foram refinados até a obtenção de granulometria adequada (*liquor*) para a formulação de mistura à base de cacau e à base de cupuaçu, para realização dos testes sensoriais.

MEURSING (1983), descreveu um método para análise sensorial de produtos de cacau utilizando pó ou *liquor* de cacau e açúcar refinado, que devem ser misturados a 100 ml de água destilada fria e agitação, seguindo-se da adição de 300 ml de água destilada quente e posterior agitação até obtenção de uma mistura uniforme. A amostra deve ser servida à 50° C.

ZAMALLOA (1994), realizou algumas modificações da formulação de amostras para análise sensorial de *liquor* de cacau descritas inicialmente por MEURSING (1983), segundo a Tabela 13 e demonstrou que as alterações realizadas apresentaram melhores resultados entre os provadores.

Tabela 13. Formulações utilizadas para análise sensorial de produtos de cacau.

Constituinte	Autores	
	MEURSING (1983)	ZAMALLOA (1994)
<i>Liquor</i> de cacau (g)	16	16
Açúcar refinado (g)	12	12
Leite em pó desnatado (g)	-	12
Água destilada (ml)	400	400

Fonte: MEURSING (1983) e ZAMALLOA (1994).

Foram realizados testes preliminares a partir de formulações descritas por MEURSING (1983) e ZAMALLOA (1994). Finalmente, a formulação empregada para a realização dos testes sensoriais deste trabalho foi 16 g de *liquor* de cacau ou cupuaçu, 12g de leite em pó desnatado e 12g de açúcar refinado; adicionados de 100 ml de água quente misturando-se em homogeneizador durante 2 minutos, e em seguida mais 100 ml de água quente por 2 minutos no mesmo equipamento. As amostras foram servidas em copos plásticos descartáveis de 30 ml, codificados com três dígitos a uma temperatura de 50° C, utilizando-se 35 provadores para cada análise.

Foi empregado o teste de aceitação utilizando-se um mesmo modelo de ficha tanto para o cacau como para o cupuaçu, com escala hedônica estruturada de 9 pontos (Apêndice III).

Os resultados obtidos foram analisados através do pacote estatístico SAS (1989), empregando-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para a determinação de diferenças significativas dentre as amostras de cacau e cupuaçu utilizadas na análise sensorial.

4.2.4. Preparo das dietas

As dietas foram preparadas segundo o *American Institute of Nutrition* (Tabela 14), destinadas à aplicação do teste de avaliação nutricional NPR (RNPR%) (REEVES *et al.*, 1993). O teor de proteína utilizado nas dietas foi de 10%, pois teores inferiores a 6% poderão ser insuficientes para alcançar o mínimo de proteína necessária para o crescimento do animal; entre 7-10% a proteína será mais utilizada por estar limitante e, portanto, deve ser alocada para a síntese de proteínas corporais; entretanto se o teor protéico for elevado além de 12-15%, o gasto para fins energéticos será maior, diminuindo a eficiência da proteína para fins corporais.

Foi preparada uma dieta com 10% de caseína como fonte única de proteína (Grupo Padrão), uma dieta aprotéica, isto é, desprovida de proteína e 6 dietas onde 5% da proteína corresponde ao material de cacau ou cupuaçu desengordurado e 5% de caseína, completando os 10% necessários para a realização do ensaio biológico destes grupos (Tabela 15). Após a preparação das dietas foi realizada a análise do teor de proteína das amostras desengorduradas, de acordo com o método 31.1.08 da AOAC (1997), para verificar se as dietas apresentavam 10% de proteína.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

4.2.5. Ensaio biológico

Utilizou-se o Quociente de Eficiência Líquida da Proteína (NPR) (BENDER & DOELL, 1957) relativo ao NPR de uma proteína de referência (caseína) (RNPR%), como método de avaliação da qualidade protéica, que consiste em medir variações de peso corporal, considerando porém, o peso que o animal teria perdido se não tivesse ingerido a proteína; ou seja, calcula-se a eficiência da proteína ingerida em manter ou aumentar o peso corporal.

$$\text{NPR} = \frac{\text{Ganho de peso G1 (g)} + \text{Média da perda de peso G2 (g)}}{\text{Proteína consumida}}$$

onde:

G1 = grupo em dieta protéica

G2 = grupo em dieta aprotéica

Foram recebidos 72 ratos recém desmamados, em seguida pesados e colocados em gaiolas individuais no Biotério da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA-UNICAMP). Dos 72 animais iniciais, foram selecionados 64 (n=8) que apresentavam pesos mais homogêneos por grupo em relação à média de peso global. Estes foram adaptados durante dois dias com água e alimento *ad libitum* (dieta de cacau ou cupuaçu). A temperatura do ambiente foi mantida em 22±2°C, e iluminação dosada em ciclos de luz/escuro de 12 horas. O peso e o consumo alimentar dos animais foram registrados em dias alternados do experimento.

O experimento foi certificado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEAA) do Instituto de Biologia (IB) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Tabela 14. Composição das dietas formuladas segundo a AIN-93G.

Componente	(%)
Amido de milho	49,75
Caseína ($\geq 85\%$ de proteína)	10,00
Malto dextrina	13,20
Sacarose	10,00
Óleo de soja	7,00
Fibra	5,00
Mistura mineral (AIN-93G-MX)	3,50
Mistura vitamínica (AIN-93-VX)	1,00
L-Cistina	0,30
Bitartarato de colina (41,1% de colina)	0,25
Ter-butilidroquinona	0,0014

Fonte: REEVES *et al.* (1993).

4.2.6. Determinação do perfil de aminoácidos

4.2.6.1. Preparo das amostras para determinação de aminoácidos totais

A análise de aminoácidos totais foi realizada através do procedimento de hidrólise dos pós desengordurados de cacau e cupuaçu. Foram pesadas amostras contendo 25 mg de proteína em tubo Pyrex (nº 9825, de 12 x 150 mm), e adicionados aproximadamente 30 ml de HCl 6N. Os tubos foram fechados com tampa provida de arruela de Teflon, e a hidrólise foi conduzida em estufa a 110°C durante 22 horas. Após o término da hidrólise, as amostras previamente resfriadas foram filtradas em funil de vidro sinterizado, completando-se o volume com água destilada a 100 ml. Foram retiradas alíquotas de 20 ml para evaporação em sistema de rotoevaporador com bomba de vácuo e banho-maria a 40-50°C. Após a primeira evaporação, adicionou-se 10 ml de água destilada, que em seguida foram evaporados da mesma forma. Esta etapa foi realizada por duas vezes para remoção do ácido. As amostras hidrolisadas, após a terceira evaporação, foram dissolvidas em 5 ml de tampão citrato de sódio pH 2.2, filtradas em membrana Millipore (tamanho de poro de 0,22 µm) e estocadas sob temperatura de congelamento até a análise (BECKMAN, 1977; BLACKBURN, 1968 & SPACKMAN, 1958).

4.2.6.2. Preparo das amostras para determinação de aminoácidos livres

Os aminoácidos livres foram obtidos a partir do método proposto por BECKMAN (1977). 500 mg dos pós desengordurados de cacau e cupuaçu foram adicionados a 5 ml de ácido sulfossalisílico 3,5% e centrifugados a 8000 rpm por 15 min. Alíquotas de 0,5 ml foram retiradas e diluídas em 0,5 ml de solução tampão de citrato de sódio (20 g/L, pH=2,2). As amostras obtidas foram filtradas em membrana Millipore (tamanho de poro de 0,22 μ m) e estocadas sob temperatura de congelamento até a análise.

4.2.6.3. Determinação dos aminoácidos totais e livres

As determinações foram feitas utilizando CLAE TSP – Thermo Separation Products, com bomba degaseificadora, acoplada a um módulo de pré-reação Pickering Laboratories PCX 3100 post column reaction module, operando com detector de UV, nas faixas de 440 a 570 λ , modelo Spectro system UV2000. Foi utilizada coluna analítica Pickering Laboratories 1193250 (Na^+ 8 μ m, 3mm ID X 250mm) acoplada a uma pré-coluna Pickering Laboratories 1192020 (Na^+ 8 μ m, 2mm ID X 20mm). Soluções de Na (3,15; 7,4 e 0,2 N) foram utilizadas com um fluxo de 0,3 ml/min a 55°C na coluna, e 130°C no reator. Para ambas análises o volume de injeção foi de 20 μ l (VASCONCELOS, 1999).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Fermentação e secagem

5.1.1. Perfil de temperatura durante a fermentação

Os perfis de temperatura das sementes de cupuaçu e cacau (Figura 8), durante a fermentação, mostram uma elevação significativa da temperatura logo a partir do início do segundo dia de processo, atingindo temperaturas máximas no terceiro dia de fermentação (49°C), para ambas espécies. Observou-se uma tendência das sementes de cacau se estabilizarem em torno de 45°C no quinto dia, enquanto que as sementes de cupuaçu tiveram um decréscimo de 8°C da temperatura neste período.

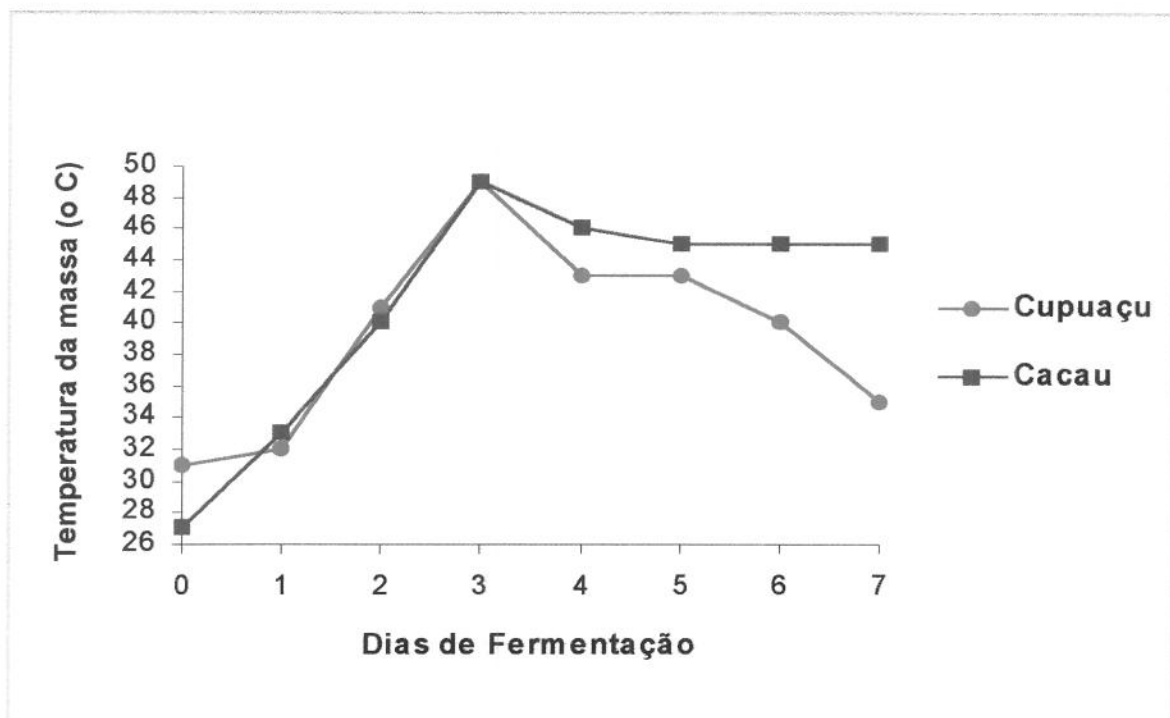


Figura 8. Perfis de temperatura das sementes de cacau e cupuaçu durante a fermentação.

O comportamento da temperatura na fermentação de sementes de cacau obtido neste trabalho é semelhante ao encontrado por DIAS (1998), onde foi observado um maior incremento do segundo para o terceiro dia e uma tendência de estabilização a partir do quarto dia. Tendência similar foi verificada por DIAS (1987) em trabalho realizado com fermentação de cacau no sul da Bahia.

Segundo QUESNEL & LOPEZ (1975), em boas fermentações comerciais de cacau, em aproximadamente 3 dias, deve-se alcançar temperaturas de 45 a 48°C, devendo-se manter próxima a estes valores no restante do período fermentativo.

De acordo com VASCONCELOS (1999), a temperatura atingida no processo fermentativo de cupuaçu, após 3 dias, foi de 48 °C, sendo esta a maior temperatura alcançada durante a fermentação. Posteriormente, ocorreu uma suave redução na temperatura (43 e 45°C), mantendo-se constante até o final do processo fermentativo em 7 dias. O comportamento da temperatura na fermentação de sementes de cupuaçu despulpadas, até um resíduo de polpa da ordem de 5%, obtidos neste trabalho foi semelhante ao encontrado por VASCONCELOS (1999), diferenciando-se nas últimas 48 horas de processo.

ARAGÃO (1992) estudou o comportamento da temperatura no processo fermentativo de sementes de cupuaçu despulpadas em caixas de madeira (40 x 40 x 60 cm) com capacidade de 20 kg, e observou que no segundo dia foi atingida temperatura média de 40°C. Em seguida houve um decréscimo até 31°C no quarto dia, estabilizando-se a temperaturas de 28 e 29°C até o término da fermentação. A utilização de sementes despulpadas promoveu rapidez nas reações exotérmicas, obtendo-se a temperatura máxima no segundo dia. Assim como no cacau (MEYER *et al.*, 1989 *apud* ARAGÃO, 1992), mais espaço entre as sementes facilita a incorporação de ar após o revolvimento, diminuindo assim a fase anaeróbica da fermentação e causando maior velocidade na elevação da temperatura.

NAZARÉ *et al.* (1983) observaram que em lotes de 25 kg de sementes de cupuaçu, a temperatura no início do processo elevou-se de 26°C para a máxima de 47°C no terceiro dia, decrescendo para 42°C após o quarto dia. De acordo com CHATT (1953), a temperatura na fermentação é influenciada pela quantidade de massa e aeração permitida nos diferentes tipos de fermentação.

O aumento da temperatura da massa durante a fermentação é atribuído à atividade metabólica dos microorganismos. Durante o primeiro dia, predominam certas espécies de leveduras que exigem pouco oxigênio, e a temperatura não é tão elevada. Com o consumo de ácido cítrico pelas leveduras, o valor do pH da polpa aumenta gradativamente, tornando o meio mais favorável para bactérias produtoras de ácido láctico. Quando o pH da polpa atinge valores acima de 4,0, começam a predominar bactérias produtoras de ácido acético, alcançando temperaturas mais elevadas, em torno de 45 a 50°C (DIAS, 1987).

5.1.2. Variação do pH e da acidez durante a fermentação

O comportamento do pH nos cotilédones de cacau e cupuaçu foram observados durante a fermentação, e são mostrados na Figura 9. Os cotilédones de cacau apresentavam no início do processo um pH de 6,19; ocorrendo um decréscimo significativo após o 1º dia (5,42); esta tendência foi observada até o 5º dia, encontrando-se o menor valor de pH (4,36) em todo o processo de fermentação. No 6º dia ocorreu uma elevação do pH nos cotilédones (4,92); atingindo no último um pH de 4,78. Tendências semelhantes foram observadas por DIAS (1998), ao constatar durante a fermentação que o valor do pH dos cotilédones caiu de 6,22 para 4,74. SHEPERD (1976) também demonstrou a queda de 6,42 para 4,74 no pH dos cotilédones de amêndoas de cacau em seis dias de fermentação.

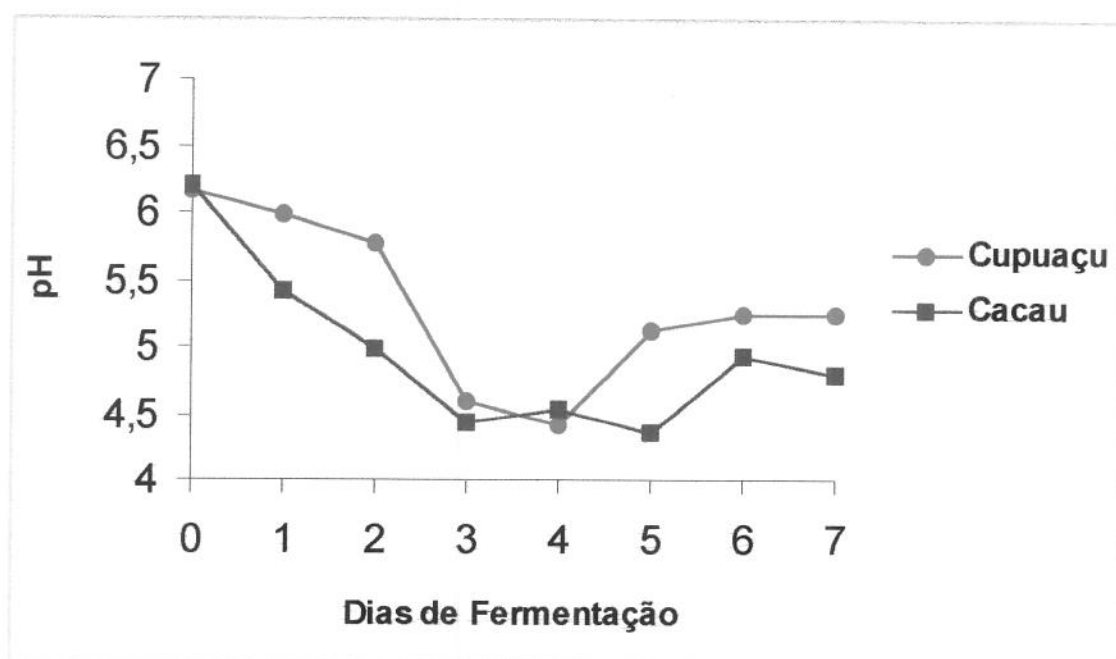


Figura 9. Valores de pH dos cotilédones de cacau e cupuaçu durante a fermentação.

Atribui-se, principalmente, ao ácido acético absorvido pelos cotilédones, durante a fermentação, os decréscimos dos valores de pH observados (BIEHL, 1984; QUESNEL, 1969 *apud* DIAS, 1998).

O pH da amêndoa de cacau fermentada e seca (5,42) se mostra mais elevado que a mesma amostra fermentada não seca, provavelmente devido a perdas por evaporação do ácido acético no processo de secagem.

BIEHL *et al.* (1985) *apud* VASCONCELOS (1999), relataram que amêndoas de cacau cujo pH é inferior a 4,5 apresentam um baixo potencial na formação do sabor de chocolate; enquanto que em valores de pH acima de 5,0 este potencial é aumentado significativamente.

ZAMALLOA (1994) mostrou uma variação no pH de 5,05 a 5,40 em amêndoas fermentadas e secas de dez cultivares de cacau produzidos no Estado de São Paulo. Segundo JINAP & DIMICK (1990), as amêndoas com valores de pH entre 5,20 e 5,49 são classificadas na faixa de pH médio; enquanto amêndoas com pH compreendidos entre 4,75 e 5,19 são consideradas na faixa de pH baixo. As amêndoas de cacau fermentadas e secas, de acordo com o pH encontrado, podem ser classificadas como pH médio.

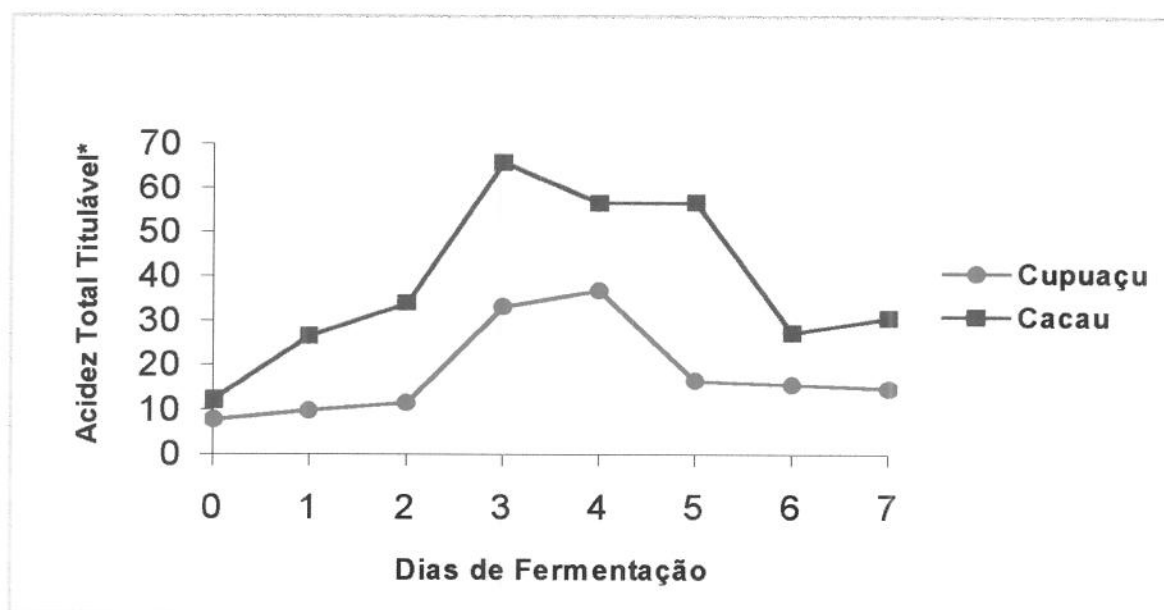
DIAS (1998) verificou que o valor médio do pH de amêndoas de cacau, na fase inicial do processo variou de 5,6 a 6,3, e que com o progresso da fermentação houve um decréscimo até alcançar, no 6º dia, valores entre 4,7 e 5,1, de acordo com os tamanhos dos fermentadores e os meses do ano.

Os cotilédones de cupuaçu apresentaram no início da fermentação valor de pH de 6,16, ocorrendo um decréscimo durante o processo fermentativo. Esta tendência se mostrou menos acentuada para o cupuaçu, durante as primeiras 48 horas, do que para o cacau. Em seguida houve uma tendência de queda no valor do pH dos cotilédones de cupuaçu, sendo no 4º dia encontrado o menor valor de pH (4,41). A partir do 4º dia foi observado uma elevação do pH; e no último dia, encontrou-se um pH de 5,23. Após a secagem obteve-se um pH de 5,74, sugerindo novamente que a perda do ácido acético deve-se à evaporação.

VASCONCELOS (1999) mostrou a influência do processo fermentativo na redução do pH nos cotilédones de cupuaçu. O valor encontrado no início do processo foi 6,30. Após 48 horas, houve um decréscimo atingindo o valor de 4,99; e no final do processo o pH foi de 4,71. Os cotilédones das amêndoas fermentadas e secas apresentaram um pH de 5,34, evidenciando uma elevação deste valor após a secagem.

Os ácidos, principalmente o acético, absorvidos pelo cotilédone são essenciais para o desenvolvimento dos precursores do sabor e aroma de chocolate, entretanto, quando em excesso promovem um forte sabor ácido que deprecia o produto final (LOPEZ & McDONALD, 1982; LOPEZ, 1983 *apud* DIAS, 1994).

Observamos na Figura 10 os valores obtidos na determinação de acidez total titulável dos cotilédones de cacau e cupuaçu. Na fermentação de cacau, o valor máximo (65,7 meq NaOH/100 g) foi alcançado no 3º dia de fermentação, permanecendo nesta faixa até o 5º dia; ocorrendo um decréscimo significativo, e no final do processo foi observado uma acidez total de 30,55 meq NaOH/100 g. Vários autores observaram que a produção máxima de ácido acético situa-se entre o 3º e o 5º dia da fermentação, decrescendo no restante do processo. Na fermentação de cupuaçu, o valor máximo (36,65 meq NaOH/100 g) foi obtido no 4º dia, decrescendo até o 5º dia e permanecendo constante até o final do processo, onde foi encontrado um valor de acidez total de 14,71 meq NaOH/100 g.



* meq NaOH/ 100g de cotilédone

Figura 10. Valores de acidez total titulável dos cotilédones de cacau e cupuaçu durante a fermentação.

Nas amêndoas de cacau e cupuaçu fermentadas e secas foram encontrados valores de acidez total de 18,5 meq NaOH/100g e 11,2 meq NaOH/100g, respectivamente; mostrando novamente a perda de ácido acético no processo de secagem. De acordo com LOPEZ (1983) *apud* DIAS (1987), a faixa de acidez desejada pela indústria situa-se entre 12 a 15 meq de NaOH/100g.

ZAMALLOA (1994) obteve valores de acidez total nos cotilédones das amêndoas fermentadas e secas de cacau na faixa de 15 meq NaOH/100g. Diversos fatores como variedade, maturação do fruto, época de colheita, região de plantio e principalmente a condução do processo de fermentação provocam variações na acidez do cacau.

DIAS (1998) sugere que a diferença de acidez tem relação com a quantidade de polpa em torno da semente de cacau, em vários meses do ano. Uma maior quantidade de polpa na semente contribui para aumentar a acidez, pois além da influência da aeração durante a fermentação, a quantidade de elementos nutritivos à disposição dos microorganismos também influencia a acidez. O autor encontrou valores de acidez que variam de 19,27 a 25,65 meq NaOH/100g, de acordo com os meses do ano, utilizando cacau da Amazônia.

A produção de ácido acético é influenciada pelo tempo de armazenamento do fruto antes da fermentação, uma vez que durante este armazenamento ocorre uma diminuição da quantidade de polpa, água, matéria seca e açúcares da polpa. Uma forma de obter a redução do teor de ácidos, e consequentemente, um pH mais elevado na amêndoa é a secagem parcial das sementes antes da fermentação, podendo ser realizada em secadores ou diretamente ao sol. O método e o tempo de secagem após a fermentação também têm influência na quantidade e qualidade dos ácidos presentes no produto final (BAREL, 1987 *apud* BRITO, 2000).

O processo de secagem das sementes e amêndoas de cacau e cupuaçu foi realizado até atingir-se um teor de umidade de 6 a 7%, a fim de que o material apresentasse condições estáveis durante o transporte e armazenamento. A duração da secagem das sementes e amêndoas de cupuaçu foi de 20 dias, sendo que para o cacau foram suficientes aproximadamente 14 dias; devido ao maior tamanho das amêndoas de cupuaçu e maior espessura de sua testa, dificultando visivelmente o processo de secagem.

5.2. Caracterização da matéria-prima

5.2.1. Prova de corte

De acordo com a Resolução Nº 42 do CONCEX (1968) para o cacau fermentado em amêndoas apresentar a classificação Tipo I (superior), a soma dos defeitos não deve ultrapassar a tolerância de 6,0% e 2,0% para cada defeito isoladamente, desta forma as amêndoas de cacau fermentadas foram classificadas como Tipo I (superior) (Tabela 15). Esta norma é utilizada somente para amêndoas de cacau; no entanto, amêndoas de cupuaçu também foram classificadas segundo esta resolução, que avalia o padrão das amêndoas fermentadas. Assim como o cacau, as amêndoas de cupuaçu podem ser classificadas como Tipo I (superior), evidenciando que a fermentação realizada foi bem conduzida. Ambas espécies apresentaram aspecto externo bom e aroma típico natural, ou seja, livres de odores estranhos originados em algumas técnicas de secagem.

Tabela 15. Classificação das amêndoas de cacau e cupuaçu fermentadas.

Amostra	Prova de corte			
	BF (%)*	PF (%)*	MF (%)*	Defeitos (%)
Cacau	44,3±6,0	30,3±4,0	23,3±1,1	2,0±1,73
Cupuaçu	41,6±5,2	35,6±6,5	21,5±3,0	1,3±1,15

* BF → bem fermentadas, PF → parcialmente fermentadas, MF → mal fermentadas.

5.2.2. Caracterização física das amêndoas fermentadas

As dimensões das amêndoas de cacau e cupuaçu são mostradas na Tabela 16, assim como, a densidade aparente e a massa média por amêndoa. Este último parâmetro é uma característica importante para a comercialização de cacau em amêndoas, considerando que amêndoas com massa acima de 1 g atingem melhor valor comercial.

Tabela 16. Características físicas de amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.

Amostra	Características físicas				
	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Densidade aparente (g/cm ³)	Massa média por amêndoa (g)
Cacau	22,00±2,02	11,95±1,10	7,47±1,05	0,5261	0,9816
Cupuaçu	24,52±2,48	19,54±2,24	11,82±1,93	0,4608	2,3238

* Os resultados foram obtidos avaliando-se lotes de 10 de amêndoas.

Os teores médios de cotilédones, testa e gérmen de amêndoas de cacau encontram-se dentro dos valores médios relatados por ZAMALLOA (1994) e ABECIA SORIA (1999), e os valores relativos às amêndoas de cupuaçu encontram-se em concordância com QUEIROZ (1999).

Tabela 17. Composição física das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.

Amostra	Componentes		
	Testa (%)	Gérmen (%)	Cotilédone (%)
Cacau	16,75	1,09	82,16
Cupuaçu	27,81	0,65	71,54

* Os resultados foram obtidos avaliando-se lotes de 100 g de amêndoas em triplicata.

5.3. Rendimento dos *nibs*

As sementes e amêndoas fermentadas e secas de cacau e cupuaçu foram quebradas em moinho de facas e separadas com a utilização de peneiras com vários tamanhos de furos para a obtenção dos *nibs*, e os respectivos rendimentos em relação ao peso total são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18. Rendimentos da obtenção de *nibs* de cacau e cupuaçu.

Amostra	Rendimento (%)
Sementes não fermentadas de cacau	45,45
Amêndoas fermentadas de cacau	49,88
Sementes não fermentadas de cupuaçu	18,75
Amêndoas fermentadas de cupuaçu	34,72

* *Nibs* com tamanhos de 2 a 6 mm.

As composições físicas das amêndoas de cacau e cupuaçu são bastante diferentes, e observando-se uma maior porcentagem de testa para o cupuaçu, que por ser mais espessa dificulta também o processo de quebra e separação dos *nibs*. Este fato é demonstrado na Tabela 18, pois de forma geral o rendimento dos *nibs* de cacau é superior ao rendimento obtido para os *nibs* de cupuaçu, sendo este um grande problema para o beneficiamento das amêndoas de cupuaçu. Devido ao baixo rendimento, foi realizado descascamento manual para obtenção da quantidade necessária de material a ser utilizada no preparo das dietas para a realização do ensaio biológico.

Comparando-se os rendimentos encontrados para sementes não fermentadas e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu, observou-se que as amêndoas fermentadas de ambas espécies apresentaram um melhor rendimento que as sementes não fermentadas.

De acordo com QUEIROZ (1999), o baixo rendimento em *nibs* de cupuaçu utilizando coluna de ar para separação deve-se a testa do cupuaçu ser mais espessa e pesada que a do cacau, além da quebra exagerada do cotilédone e conseqüente formação de partículas muito finas não utilizadas em processamentos posteriores.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

5.4. Análises físico-químicas dos *nibs* de cupuaçu e cacau

Na Tabela 19 apresenta-se a caracterização físico-química dos *nibs* das sementes não fermentadas e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu, em base seca.

Tabela 19. Composição físico-química de sementes não fermentadas e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu.

Compostos	Cacau (%)		Cupuaçu (%)	
	Semente	Amêndoa	Semente	Amêndoa
Umidade	6,92	6,07	5,87	5,35
Proteína	13,45	11,49	9,82	9,80
Lipídios	51,82	53,59	60,25	63,13
Fibras	6,22	4,77	4,12	3,31
Cinzas	2,12	2,05	2,35	2,32
Outros compostos*	19,47	22,03	17,59	16,09
Energia (kcal/100g)	598,06	616,39	651,89	671,73

* Calculado por diferença e representa compostos como carboidratos, ácidos, taninos, alcalóides, etc.

Foi observado que a composição química do cupuaçu é bem semelhante à do cacau, diferenciando-se basicamente no teor de lipídios, onde o cupuaçu apresenta maior valor tanto para semente quanto para amêndoa fermentada.

Os resultados da caracterização físico-química de amêndoas fermentadas de cacau obtidos estão de acordo com ZAMALLOA (1994), QUEIROZ (1999), ABECIA SORIA (1999) e BISPO (1999).

LAJUS (1982) verificou que o teor de proteína total da semente de cacau varia levemente durante a fermentação, sendo observado um pequeno decréscimo; e VASCONCELOS (1999) obteve o mesmo resultado no estudo físico-químico de sementes de cupuaçu; desta forma, os teores de proteína encontrados para as sementes e amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu estão de acordo com a literatura.

De acordo com AREMU (1995), o teor de proteína presente nas sementes de cacau sofre variações durante a fermentação. Para as sementes frescas foi encontrado um valor de 17,5%, e após três dias de fermentação o teor de proteína praticamente não foi alterado (17,6%), no entanto aumentou significativamente ($p < 0,01$) até o sexto dia (19,8%), decrescendo posteriormente.

ARAGÃO (1992) determinou a composição físico-química dos cotilédones de cupuaçu fermentado e torrado, e observou que a semente de cupuaçu apresenta alto valor nutricional. O autor determinou teores de proteínas (10,56%) e fibras (4,22%) similares aos encontrados neste trabalho, no entanto, houve diferença no teor de gordura obtido pelo autor de 56,42%.

VASCONCELOS (1999) obteve na caracterização de sementes e amêndoas de cupuaçu teores de fibras de 7,43 e 5,46, respectivamente. Os resultados mostraram que o processo fermentativo provocou uma queda neste valor, devido à ação dos ácidos e enzimas específicas. Esta tendência também pode ser observada neste trabalho, pois os teores de fibras das sementes se apresentam mais elevados do que das amêndoas fermentadas, para ambas espécies. Os valores encontrados para o cupuaçu são inferiores aos relatados por VASCONCELOS (1999), no entanto, os teores de lipídios, proteínas e cinzas são semelhantes. O teor de fibras pode variar de acordo com diversos fatores como variedade, condições climáticas, estágio de maturação, etc.

Os valores calóricos encontrados para as sementes e amêndoas de cupuaçu são mais elevados do que para o cacau, devido o maior teor de lipídios presentes no cupuaçu. QUEIROZ (1999) determinou o valor energético das amêndoas fermentadas de cacau e cupuaçu, obtendo valores de 631,33 kcal/100g e 682,10 kcal/100g, respectivamente. VENTURIERI & AGUIAR (1988) encontraram um valor calórico para as sementes de cupuaçu secas de 672,1 kcal/100g, e ARAGÃO (1992) determinou um valor energético para 100 g de cotilédones fermentados e torrados de cupuaçu de 640,73 kcal.

5.5. Torração das amêndoas de cacau e cupuaçu

Os perfis da temperatura de torração de amêndoas de cacau, medidos no interior do torrador, são mostrados na Figura 11. As amostras foram colocadas na câmara de torração a temperatura de 150°C, e após a colocação das amêndoas observa-se uma queda brusca de temperatura. A temperatura média no interior do equipamento em 2 minutos após o início da torração foi de 73,6°C±1,7°C. A diferença média da temperatura máxima atingida entre as amostras torradas no menor tempo de residência (40 minutos) e no maior (46 minutos) foi 4,9°C. A temperatura máxima atingida no tratamento térmico de 46 minutos foi 146,4°C. Observou-se uma tendência de elevação na temperatura até 125,1°C±1,16°C em aproximadamente 16 minutos, e posterior atenuação da curva com gradientes de temperatura menores até o final da torração para todas amostras.

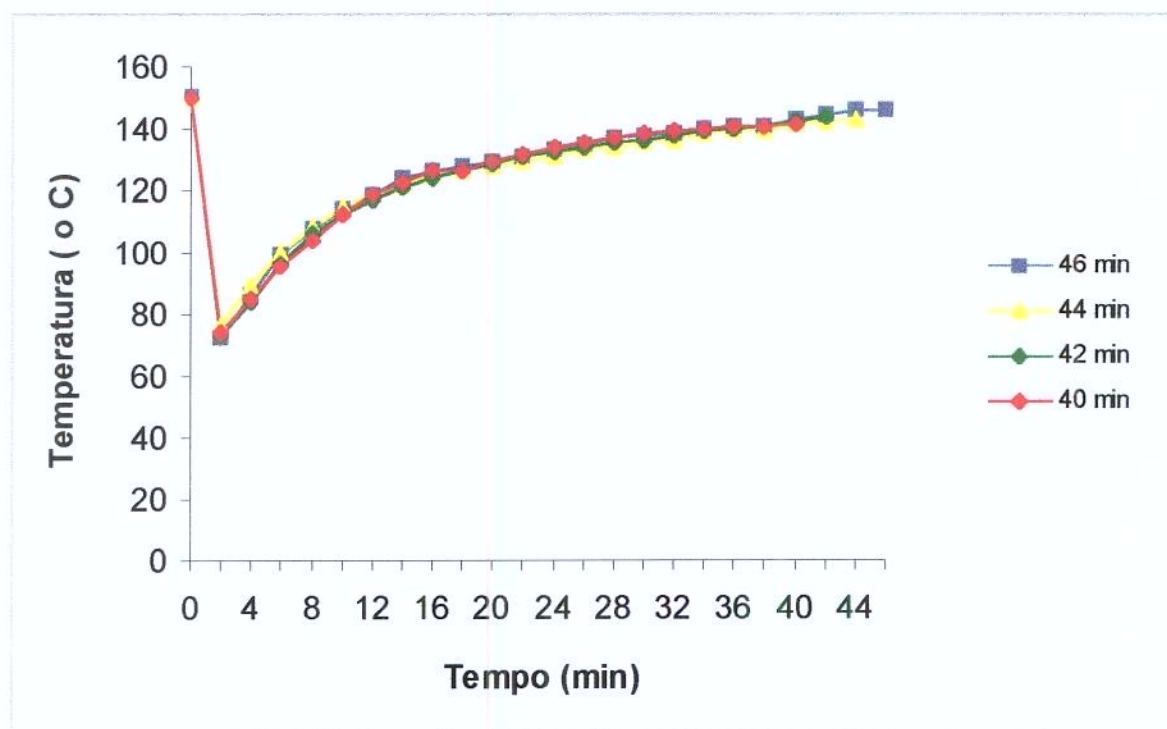


Figura 11. Perfil de temperatura do processo de torração de amêndoas de cacau.

Os perfis da temperatura de torração das amêndoas de cupuaçu são mostrados na Figura 12. A temperatura média obtida após 2 minutos do início da torração foi $80,6^{\circ}\text{C} \pm 0,74^{\circ}\text{C}$, e a diferença da temperatura máxima atingida entre os tempos de residência de 40 minutos e 55 minutos foi $5,25^{\circ}\text{C}$. A temperatura máxima atingida na torração por 55 minutos foi $149,05^{\circ}\text{C}$. Assim como nos perfis de temperatura durante a torração de amêndoas de cacau, notou-se uma tendência acentuada de subida da temperatura até $127,0^{\circ}\text{C} \pm 0,95^{\circ}\text{C}$, em aproximadamente 15 minutos. Posteriormente ocorreu uma atenuação da curva com gradientes menores até o término do processo, considerando que os tempos de residência na camisa do torrador para o cupuaçu foram maiores que para o cacau.

QUEIROZ (1999) realizou o processo de torração de amêndoas de cupuaçu utilizando temperatura de 150°C por 38, 40, 42 e 44 minutos, observando-se uma tendência semelhante entre os perfis de temperatura obtidos pelo autor e os apresentados neste trabalho.

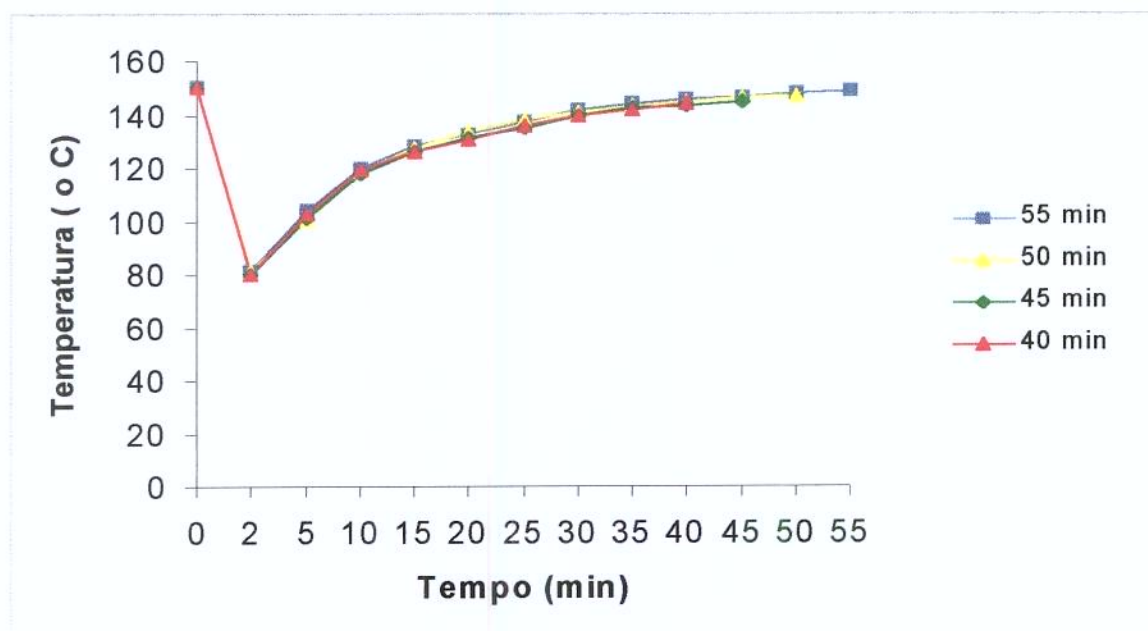


Figura 12. Perfil de temperatura do processo de torração de amêndoas de cupuaçu.

5.6. Análise sensorial

Nas Tabelas 20 e 21 são apresentadas as médias dos atributos aroma global e sabor global para as formulações à base de cacau e de cupuaçu, respectivamente, sendo empregado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para verificar a mínima diferença significativa entre as amostras, onde valores marcados com uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem significativamente entre si no nível de 5%.

Tabela 20. Média das amostras de cacau por atributo avaliado.

Tempo de torração	Atributo	
	Aroma	Sabor
40	6,97±1,40 ^a	6,31±1,53 ^a
42	6,11±1,57 ^b	6,17±1,44 ^a
44	6,29±1,45 ^{ab}	6,17±1,69 ^a
46	6,34±1,63 ^{ab}	6,54±1,87 ^a

* Médias com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$).

Para o atributo aroma global das amostras à base de cacau foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) apenas entre as amostras torradas à 40 e 42 minutos, e a maior média encontrada foi a 40 minutos (6,97±1,40). Em relação ao sabor global não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias atribuídas às amostras de cacau, embora a amostra torrada à 46 minutos tenha apresentado o maior valor neste atributo. Esta observação mostra que é possível realizar a torração de amêndoas de cacau por 40 minutos para a obtenção de produtos com qualidade organoléptica similar àqueles elaborados com amêndoas torradas por 46 minutos, proporcionando a otimização do processo de torração na faixa estudada; e assim garantindo economia de tempo, redução da energia gasta no processo de torração e minimização das perdas nutricionais.

DRUMMOND (1998) estudou o processo de torração de *nibs* de cacau a 155°C por 20, 30, 40, e 50 minutos e observou, segundo análise sensorial, que apesar de não haver diferença significativa entre as amostras para o atributo sabor de chocolate, este é intensificado com o aumento do tempo de torração. A autora obteve diferença significativa somente em relação a amostra não torrada.

De acordo com o teste de aceitação, a equipe de provadores atribuiu com maior frequência notas entre 6 e 7 para o sabor global das formulações à base de cacau, referentes a “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, como pode ser observado no histograma da Figura 13.

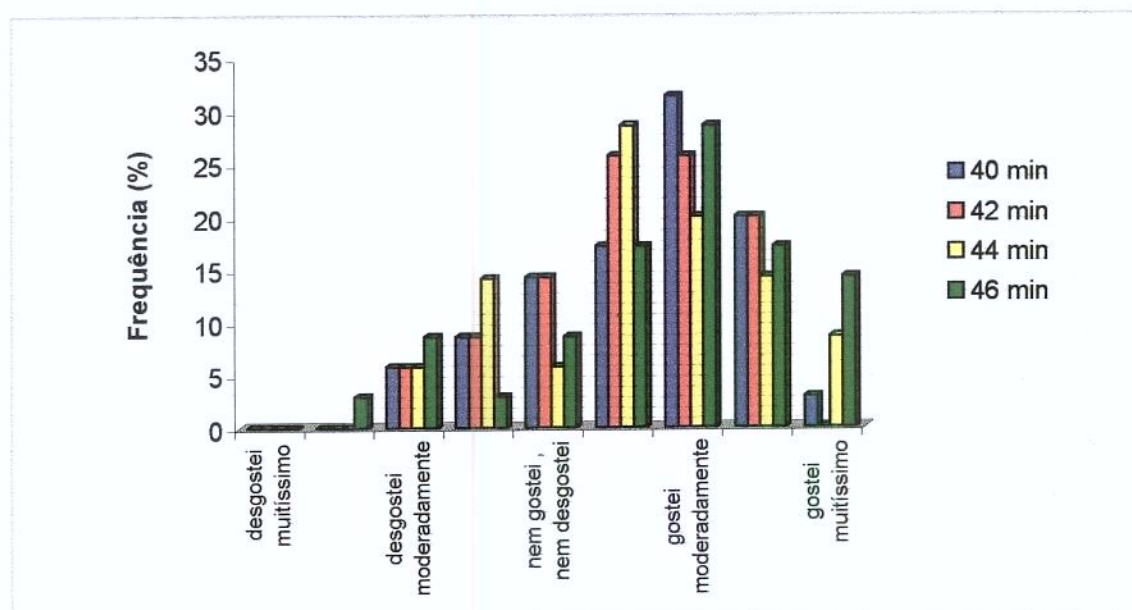


Figura 13. Histograma dos resultados do teste de aceitação em relação ao sabor para formulações à base de cacau.

Em relação ao atributo aroma global, as formulações preparadas a partir de amêndoas de cupuaçu torradas por 40, 45, 50 e 55 minutos, não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$), no entanto, para o atributo sabor global foi observada diferença significativa no nível de 5% ($p \leq 0,05$) entre as amostras torradas a 40 e 55 minutos. Foi observada uma tendência de aumento no sabor com o aumento da tempo de torração na faixa estudada, e portanto a maior média foi atingida pela amostra torrada por 55 minutos ($7,26 \pm 1,12$).

Tabela 21. Média das amostras de cupuaçu por atributo avaliado.

Tempo de torração	Atributo	
	Aroma	Sabor
40	6,51±1,29 ^a	6,43±1,91 ^a
45	6,91±1,38 ^a	6,89±1,55 ^{ab}
50	6,83±1,27 ^a	6,94±1,71 ^{ab}
55	6,86±1,17 ^a	7,26±1,12 ^b

* Médias com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$).

QUEIROZ (1999) observou através de análise sensorial (ADQ) que as amêndoas de cupuaçu torradas por 38, 40, 42 e 44 minutos não diferiram significativamente entre si, no entanto, a intensidade do sabor de chocolate foi acentuado com o aumento de temperatura.

As formulações à base de amêndoas de cupuaçu torradas submetidas ao teste de aceitação apresentaram notas altas no atributo sabor global, com 40% dos provadores atribuindo nota 7 ("gostei moderadamente") à amostra torrada por 55 minutos, além de se observar que para todas as amostras avaliadas também foram atribuídas notas entre 7 e 8 ("gostei muito") pela maioria dos provadores, de acordo com a Figura 14.

As formulações à base de *liquor* de cupuaçu apresentaram para o atributo sabor médias superiores às formulações de *liquor* de cacau, demonstrando que o cupuaçu apresenta características organolépticas bastante desejáveis.

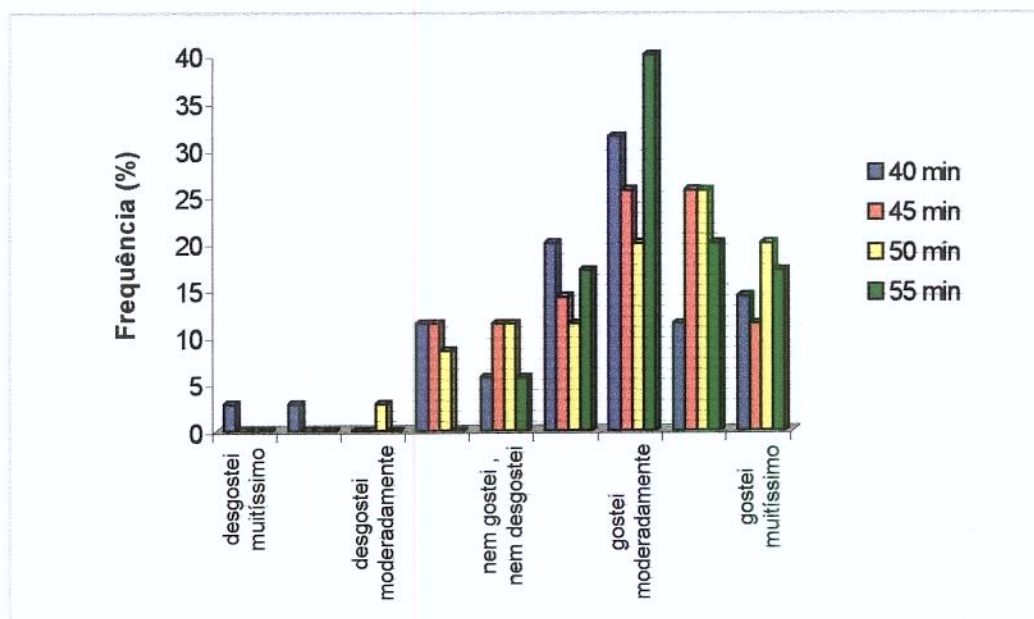


Figura 14. Histograma dos resultados do teste de aceitação em relação ao sabor para formulações à base de cupuaçu.

De acordo com os resultados obtidos na análise sensorial para determinação do melhor tempo de torração das amêndoas de cacau e cupuaçu a serem utilizados para o ensaio biológico, foram escolhidos os tempos de 46 minutos para o cacau e 55 minutos para o cupuaçu, segundo a maior média obtida para o atributo sabor global.

5.7. Ensaio Biológico

5.7.1. Teor protéico dos pós de cacau e cupuaçu

Os pós de cacau e cupuaçu obtidos após extração de gordura, não apresentaram mais que 1% de gordura, evitando a influência deste constituinte na avaliação protéica, visto que a presença de gordura em amêndoas de cacau e cupuaçu representa mais de 50% de sua composição. Os teores de proteína dos pós desengordurados utilizados no preparo das dietas são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22. Teores médios de proteína dos pós desengordurados.

Amostra	Umidade (%)	Proteína (%)	Proteína (%)
		(base úmida)	(base seca)
Cacau não fermentado	7,6± 0,05	30,57±0,10	28,25
Cacau fermentado	7,8±0,11	27,79±0,12	25,63
Cacau torrado (46 min)	8,6±0,10	28,71±0,14	26,24
Cupuaçu não fermentado	8,5±0,15	25,26±0,14	23,12
Cupuaçu fermentado	8,6±0,05	26,61±0,11	24,32
Cupuaçu torrado (55 min)	7,2±0,08	28,14±0,26	26,11

BISPO (1999) obteve teores de proteína em pós de cacau alcalinizados parcialmente desengordurados, ou seja, concentração de gordura de 13,05%, entre 20,74% e 23,79%. No Brasil, o conteúdo de gordura presente no pó de cacau comercializado pode variar de 9 a 24%, dependendo do fim a que se destina. De acordo com MEURSING (1988), a concentração de proteína em pó de cacau representa em média 19,8% do peso total, além de apresentar baixo valor calórico, quando comparado a outros ingredientes usados conjuntamente com cacau em pó para formulação de produtos alimentícios.

5.7.2. Teor protéico das dietas utilizadas no ensaio biológico

As dietas preparadas para o ensaio biológico a partir dos pós desengordurados de cacau e cupuaçu foram ajustadas para conter 10% de proteína (Tabela 23), sendo pó de cacau ou cupuaçu e caseína à 50:50; além da dieta controle formulada somente com caseína. A composição das dietas utilizadas no experimento está descrita na Tabela 24.

Tabela 23. Teores médios de proteína nas dietas utilizadas no ensaio biológico.

Dieta	Proteína (%) (base úmida)
Controle (Caseína)	10,44±0,12
Cacau não fermentado	10,03±0,11
Cacau fermentado	10,85±0,08
Cacau torrado (46 min)	10,39±0,06
Cupuaçu não fermentado	10,39±0,12
Cupuaçu fermentado	10,37±0,03
Cupuaçu torrado (55 min)	10,26±0,20

* Autoclavadas minimamente (vide seção 4.2.1.7)

Tabela 24. Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico (NPR).

Componentes	Padrão (%)	Aprotéica (%)	Ca _s ¹ (%)	Ca _f ¹ (%)	Ca _t ¹ (%)	Cup _s ² (%)	Cup _f ² (%)	Cup _t ² (%)
Amido de milho	47,29	59,75	35,82	34,01	34,46	31,89	32,96	34,37
Pó desengordurado	-	-	17,70*	19,51*	19,13*	21,63*	20,56*	19,15*
Caseína ³	12,46	-	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23
Maltodextrina	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
Sacarose	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Mist. mineral	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Mist. vitamínica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fibra	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
L-Cistina	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Bitartrato de colina	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Tertbutilhidroquinona	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014

¹ **Cacau** → Ca_s = semente, Ca_f = amêndoa fermentada, Ca_t = amêndoa fermentada e torrada.

² **Cupuaçu** → Cup_s = semente, Cup_f = amêndoa fermentada, Cup_t = amêndoa fermentada e torrada.

³ A caseína comercial continha 80,28% de proteína.

* As quantidades dos pós de cacau/cupuaçu utilizadas forneciam 5 g de proteína em 100 g de dieta.

5.7.3. Variação dos pesos médios dos animais durante o ensaio biológico

Durante o período de adaptação (2 dias), notou-se que as dietas à base de cacau causaram redução nos pesos dos animais da ordem de 5%, a qual se minimizou até o início do ensaio, e é considerado comum na mudança de dieta. Para as dietas à base de cupuaçu e para a dieta de caseína foram observados ganhos de peso da ordem de 1,9%; 2,9%; 4,7% e 10,5% neste período (Tabela 25), no entanto, ao início do experimento, propriamente dito, os pesos médios não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$).

A partir do 2º dia do experimento foi verificada diferença entre os pesos médios dos animais das dietas à base de cacau e caseína, mas não entre as dietas de cupuaçu e caseína, assim como cacau e cupuaçu. No 8º dia do experimento, observou-se a existência de diferença significativa, no nível de 5%, entre as dietas de cacau e cupuaçu, permanecendo esta tendência até o término do experimento (Tabela 25).

As variações dos pesos médios dos animais durante o experimento é mostrada na Tabela 25, onde observou-se que os ganhos de peso durante o experimento foram para o cacau: 15,3% (semente), 18,5% (amêndoa fermentada) e 23,7% (amêndoa fermentada torrada), para o cupuaçu: 71,85% (semente), 67,5% (amêndoa fermentada), 75,82% (amêndoa fermentada torrada) e 133,0% para a caseína. Isto reflete que o cupuaçu, nas diversas etapas de processamento, apresentou valor biológico significativamente superior ao cacau.

Apesar de haverem diferenças entre os pesos dos animais de uma mesma espécie ao final do ensaio biológico (cacau, por exemplo), estas variações não foram estatisticamente significativas ($p>0,05$). No entanto, ficou evidente que as dietas à base de cupuaçu se distanciaram daquelas à base de cacau, mostrando a nítida vantagem das primeiras.

O processo de torração mostrou, em ambas as espécies de *Theobroma*, um aumento no ganho de peso dos animais em relação às dietas não tratadas termicamente. Este fato evidencia que processos térmicos controlados não diminuem o valor nutricional do cacau e do cupuaçu, proporcionando um aumento na digestibilidade. Deve-se ressaltar que a temperatura durante a operação de torração, em nenhum caso, deve ultrapassar os 120°C no interior das amêndoas.

ABECIA SORIA (1999) verificou que o processo de torração de amêndoas de cacau a 150°C por tempos superiores ou iguais a 42 minutos, levam à diminuição do valor biológico das proteínas; enquanto que as dietas à base de cacau torrado durante 30, 34 e 38 minutos estimularam o crescimento, não apresentando diferença significativa entre si no nível de 5%. Os resultados desse trabalho também sugerem não haver substâncias tóxicas no produto torrado, sendo a baixa performance da dieta devida principalmente à destruição da proteína.

As proteínas presentes nas dietas deste trabalho, preparadas a partir do pó de cacau de sementes, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas apesar de não promoverem um crescimento significativo dos animais não representam serem desprovidas de qualquer valor biológico. Este fato pode ser comprovado observando o balanço metabólico negativo (peso final inferior ao inicial, Tabela 25) do grupo alimentado com a dieta aprotéica.

Estes resultados foram considerados de extrema relevância, visto que, na medida em que o chocolate participa da alimentação normal da população infantil em quantidades variáveis, mas expressivas, um substituto do cacau como o cupuaçu poderia contribuir significativamente para o estado nutricional da população.

Durante o ensaio biológico observou-se que as fezes dos animais que consumiram as dietas à base de pó de cacau desengordurado apresentaram cor marrom escura, eram excretadas em maior número e eram de tamanho inferior àsquelas vindas dos animais que consumiram as dietas à base de pó de cupuaçu desengordurado ou caseína. DRUMMOND (1998) verificou ocorrência análoga ao ministrar *liquor* de cacau em dietas para ratos da linhagem Wistar.

Tabela 25. Pesos médios dos grupos de animais (n=8) alimentados com as dietas de cacau e cupuaçu.

Dieta	Evolução dos Pesos Médios dos Animais [*]								
	Dia (-2)**	Início	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	10 dias	12 dias	14 dias
Caseína	54,04 ^a (8,60)	59,76 ^a (8,51)	68,68 ^a (9,72)	78,25 ^a (11,20)	90,18 ^a (12,54)	101,76 ^a (14,68)	116,18 ^a (16,04)	128,00 ^a (17,37)	139,26 ^a (18,32)
Ca_s¹	53,16 ^a (7,30)	50,21 ^a (6,65)	50,69 ^b (6,66)	51,79 ^{bc} (7,54)	53,46 ^{cd} (7,19)	54,09 ^c (6,71)	54,96 ^c (7,18)	55,31 ^c (6,62)	57,87 ^c (7,83)
Ca_r¹	55,01 ^a (7,27)	51,93 ^a (7,39)	52,19 ^b (7,45)	54,21 ^{bc} (7,62)	55,65 ^{cd} (6,84)	56,31 ^c (7,61)	58,23 ^c (8,35)	59,70 ^c (8,69)	61,54 ^c (8,96)
Ca_t¹	53,86 ^a (7,91)	50,90 ^a (7,76)	51,52 ^b (8,08)	53,54 ^{bc} (7,71)	55,29 ^{cd} (8,41)	56,36 ^c (8,04)	58,64 ^c (8,07)	61,02 ^c (7,81)	62,96 ^c (8,25)
Cup_s²	54,75 ^a (7,02)	55,78 ^a (6,55)	58,42 ^{ab} (6,59)	61,56 ^{bc} (7,43)	67,76 ^{bc} (8,04)	74,11 ^b (9,29)	83,18 ^b (10,46)	89,16 ^b (10,79)	95,86 ^b (11,14)
Cup_r²	54,94 ^a (7,96)	56,53 ^a (6,96)	58,75 ^{ab} (8,17)	61,98 ^{bc} (9,62)	68,09 ^{bc} (9,75)	74,06 ^b (10,38)	82,43 ^b (11,83)	88,31 ^b (12,79)	94,68 ^b (13,69)
Cup_t²	53,85 ^a (11,12)	56,38 ^a (10,49)	60,25 ^{ab} (11,13)	65,28 ^{ab} (12,28)	71,85 ^b (13,89)	77,24 ^b (15,33)	86,25 ^b (17,12)	92,43 ^b (17,67)	99,13 ^b (18,34)
Ap³	54,67 ^a (8,25)	50,15 ^a (6,05)	48,10 ^b (6,27)	47,65 ^c (6,45)	46,25 ^d (6,65)	45,00 ^c (6,53)	44,20 ^c (6,15)	43,39 ^c (6,28)	42,91 ^c (6,63)

¹ Cacau → Ca_s = semente, Ca_r = amêndoa fermentada, Ca_t = amêndoa fermentada e torrada.

² Cupuaçu → Cup_s = semente, Cup_r = amêndoa fermentada, Cup_t = amêndoa fermentada e torrada.

³ Ap → aprotéica

* Pesos médios com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística (p≤0,05), de acordo com o Teste de Tukey.

** Período de adaptação (2 dias).

() Valores entre parênteses = desvio padrão

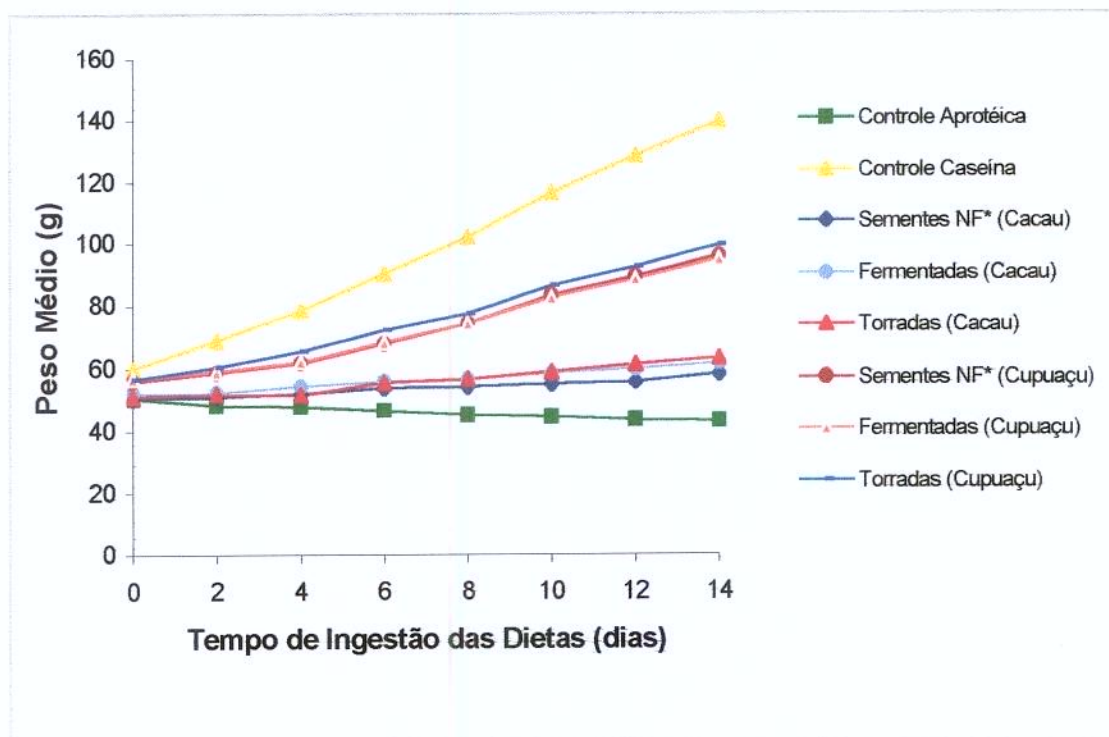


Figura 15. Variação de peso dos animais durante ensaio biológico.

As curvas referentes ao ganho de peso dos animais durante ensaio biológico apresentadas na Figura 15, dão uma idéia visual rápida da influência das etapas de fermentação e torração na qualidade nutricional das proteínas de cacau e cupuaçu, além de ressaltar o comportamento semelhante dos animais alimentados com as dietas contendo a mesma espécie de *Theobroma*.

5.7.4. NPR e RNPR

Na Tabela 26 são mostrados os valores de NPR e RNPR encontrados no experimento. Comparando-se os valores de NPR das dietas de cacau com os de cupuaçu observou-se que o cupuaçu nos vários estágios de processamento apresentou valores acima dos de cacau em torno de 30%.

Tabela 26. Valores de NPR e RNPR das dietas em estudo e NPR da dieta controle.

Origem das Proteínas	NPR*	RNPR (%)*
Controle (Caseína)	4,47±0,18	100
Cacau não fermentado	1,85±0,06 ^c	41,39 ^c
Cacau fermentado	1,90±0,11 ^c	42,50 ^c
Cacau torrado (46 min)	2,03±0,19 ^c	45,41 ^c
Cupuaçu não fermentado	2,89±0,23 ^{ab}	64,65 ^{ab}
Cupuaçu fermentado	2,75±0,19 ^b	61,52 ^b
Cupuaçu torrado (55 min)	3,00±0,20 ^a	67,11 ^a

* Valores médios com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$), de acordo com o Teste de Tukey.

Para os valores de NPR e RNPR, as dietas à base de cacau (não fermentado, fermentado e torrado) não diferiram significativamente entre si, embora de acordo com o ganho de peso, a dieta de cacau torrado tenha apresentado maior valor. Apesar dos valores de NPR e RNPR encontrados para dietas à base de cacau serem estatisticamente inferiores aos das dietas formuladas a partir de cupuaçu, observa-se que as proteínas de cacau apresentaram valor biológico suficiente para garantir a manutenção do peso dos animais.

De acordo com JANSEN (1978), o NPR do isolado protéico de soja é $2,71 \pm 0,12$. Tendo em conta que os valores de NPR encontrados para as dietas à base de cupuaçu foram semelhantes ao NPR do isolado protéico de soja, podemos constatar que o valor biológico das proteínas do cupuaçu é bom.

Deve ser lembrado que as amêndoas não torradas foram minimamente autoclavadas para reduzir a ação antinutrientes de alguns fatores presentes em toda semente crua. O aumento significativo do valor nutritivo da proteína do cupuaçu, não observado para o cacau, representa um efeito benéfico adicional da torração. Cabe salientar também que algumas diferenças entre o relatado no trabalho de ABECIA SORIA (1999) e os resultados aqui apresentados são certamente devidas ao fato do trabalho citado ter sido desenvolvido com *nibs* de cacau, enquanto que aqui se tratou de amêndoas inteiras. Essa diferença, por si só, pode explicar o maior índice (NPR) no cacau cru e a significância entre o cacau cru e o torrado encontrados pelo autor.

5.8. Perfil de aminoácidos

5.8.1. Aminoácidos totais

A Tabela 27 mostra os perfis de aminoácidos totais encontrados nos pós desengordurados de sementes, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas (46 minutos/150°C) de cacau e de sementes, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas (55 minutos/150°C) de cupuaçu.

Para ambas as espécies de *Theobroma*, as etapas de fermentação e torração não provocaram tantas alterações nos perfis de aminoácidos totais em relação à semente não fermentada. VASCONCELOS (1999) observou uma pequena redução no teor da maioria dos aminoácidos ao longo do processo fermentativo de amêndoas de cupuaçu; ao passo que, serina, glicina, metionina, fenilalanina e arginina apresentaram suave elevação. Já BRITO (2000) encontrou que, apesar das intensas modificações ocorridas durante a fermentação de cacau, o teor de aminoácidos totais permanece praticamente inalterado durante a fermentação.

A destruição de alguns aminoácidos durante a hidrólise limita sua quantificação para avaliação do ponto de vista nutricional, pois alguns aminoácidos essenciais (cistina, treonina, tirosina) são parcial ou totalmente (triptofano) destruídos. De acordo com MALY (1955) *apud* ABECIA SORIA (1999), a isoleucina, tirosina, histidina e triptofano são aminoácidos limitantes para as amêndoas de cacau. Pode-se observar comparativamente na Tabela 27, entretanto que o cupuaçu, apresentou teores mais elevados de leucina, isoleucina e tirosina do que o cacau,

Tabela 27. Composição em aminoácidos totais das proteínas das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas de cacau e cupuaçu.

Aminoácido	mg aa/g de proteína					
	Ca _s ¹	Ca _f ¹	Ca _t ¹	Cup _s ²	Cup _f ²	Cup _t ²
Aspártico	98±7	99±11	89±4	122±9	123±6	121±4
Treonina	37±2	39±4	36±2	49±32	50±2	53±2
Serina	44±4	47±4	42±2	51±4	52±3	54±2
Glutâmico	155±8	166±7	158±8	131±9	131±6	125±4
Prolina	34±2	39±2	35±2	39±3	39±2	38±1
Glicina	38±2	42±3	37±2	45±3	45±2	44±2
Alanina	43±4	45±2	42±2	44±3	43±2	40±1
Cistina	9±1	8±2	12±3	16±1	15±1	19±1
Valina	51±3	61±3	51±2	58±4	58±3	56±2
Metionina	11±1	9±2	11±3	10±1	11±0	16±1
Isoleucina	33±3	33±4	35±3	42±3	43±2	43±1
Leucina	58±4	58±3	53±3	72±5	72±4	70±2
Tirosina	22±1	28±1	30±1	35±2	34±2	36±1
Fenilalanina	34±2	42±2	38±2	40±3	38±2	37±1
Lisina	142±9	140±6	133±6	140±10	142±7	113±11
Histidina	18±1	14±1	14±1	14±1	13±0	14±0
Arginina	67±4	64±3	69±3	51±4	51±2	55±2

¹ Cacau → Ca_s = semente, Ca_f = amêndoa fermentada, Ca_t = amêndoa fermentada e torrada.

² Cupuaçu → Cup_s = semente, Cup_f = amêndoa fermentada, Cup_t = amêndoa fermentada e torrada.

5.8.2. Aminoácidos livres

Na Tabela 28 é mostrada a composição em aminoácidos livres das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas de cacau e cupuaçu.

Aminoácidos livres, peptídeos e açúcares redutores são relatados como precursores do sabor de cacau formados na fermentação, e durante a reação de Maillard no processo de torração (ROHAN, 1972; MOHR *et al.* 1976 *apud* HASHIM *et al.* 1998). VOIGT *et al.* (1993, 1994) concluíram que peptídeos e aminoácidos hidrofóbicos são os precursores específicos do sabor de cacau. Aminoácidos tais como leucina, alanina, fenilalanina e tirosina são alguns dos importantes aminoácidos formados via reação proteolítica durante a fermentação de amêndoas de cacau. MOTODA (1979) constatou que a presença de peptídeos é indispensável para a formação do sabor característico de cacau. Com o processo de torração ocorre um decréscimo nos teores de aminoácidos livres, com destruição parcial dos mesmos, os diferentes grupos reagindo em quantidades e taxas diferentes (ROHAN, 1966). Este comportamento foi verificado para as etapas de fermentação e torração de acordo com o perfil aminoacídico mostrado na Tabela 28, tanto para o cacau quanto para o cupuaçu.

SEIKI (1973) estudou a formação dos aminoácidos livres durante a fermentação de amêndoas de cacau em montes e em bandejas, e observou a predominância de ácido glutâmico, leucina, fenilalanina e tirosina durante o processo fermentativo; assim como, seus decréscimos durante a torração, evidenciando a importância destes aminoácidos no desenvolvimento do sabor do chocolate.

De acordo com a Tabela 28, para o cacau ocorreram elevações significativas de metionina (800%), fenilalanina (729%), leucina (612%), valina (348%), treonina (347%), histidina (312%), tirosina (292%), isoleucina (290%), alanina (266%), ácido aspártico (177%), serina (110%) e ácido glutâmico (105%) durante a fermentação. Nas amêndoas torradas de cacau houveram consumos significativos de vários aminoácidos, principalmente de valina (99%), ácido glutâmico (81%), metionina (78%), treonina (55%), fenilalanina (53%), leucina (52%), tirosina (42%) e isoleucina (41%).

De um modo geral para o cupuaçu, os teores de aminoácidos livres na semente e amêndoas fermentadas é inferior aos do cacau. Mesmo assim, destacam-se na fermentação de cupuaçu: prolina, arginina, leucina, alanina, serina, valina, fenilalanina, ácido glutâmico, ácido aspártico e isoleucina. Durante a torração observou-se consumos significativos de prolina (69%), ácido glutâmico (63%), fenilalanina (60%), leucina (60%), serina (54%), alanina (48%) e treonina (46%) (Tabela 28).

Tabela 28. Composição em aminoácidos livres das sementes não fermentadas, amêndoas fermentadas e amêndoas torradas de cacau e cupuaçu.

Aminoácido	mg aa/100g de amostra					
	Ca _s ¹	Ca _f ¹	Ca _t ¹	Cup _s ²	Cup _f ²	Cup _t ²
Aspártico	22±3	61±3	41±4	7±0	37±3	27±2
Treonina	17±2	76±3	34±3	4±0	35±4	19±2
Serina	64±3	135±8	72±6	14±1	62±8	28±3
Glutâmico	60±5	123±8	23±2	16±1	52±3	19±1
Prolina	13±1	35±1	27±1	traços	33±4	10±0
Glicina	11±1	35±4	22±2	3±0	13±2	12±2
Alanina	50±3	183±12	131±13	23±2	75±8	39±8
Cistina	4±0	11±1	15±3	1±0	2±0	7±1
Valina	31±3	139±8	2±0	10±1	54±3	33±5
Metionina	4±0	36±2	8±0	traços	1±0	13±1
Isoleucina	22±3	86±4	51±5	7±1	32±1	25±3
Leucina	47±3	335±15	161±12	15±1	84±6	34±3
Tirosina	26±3	102±7	59±5	5±0	19±1	19±2
Fenilalanina	27±2	224±15	105±6	8±1	52±2	21±1
Lisina	169±10	225±14	177±10	153±8	247±15	220±10
Histidina	8±0	33±1	14±1	traços	6±0	9±0
Arginina	103±6	300±8	185±8	44±2	93±8	63±8
Total	678±50	2140±189	1126±102	310±28	899±38	597±31

¹ Cacau → Ca_s = semente, Ca_f = amêndoa fermentada, Ca_t = amêndoa fermentada e torrada.

² Cupuaçu → Cup_s = semente, Cup_f = amêndoa fermentada, Cup_t = amêndoa fermentada e torrada.

6.0. CONCLUSÕES

- O processo de fermentação utilizado (Caixa T-60), mostrou-se adequado para a obtenção de amêndoas de cacau classificadas como Tipo I Superior, de acordo com o CONCEX (1968) e amêndoas de cupuaçu de boa qualidade.
- As análises físico-químicas demonstraram similaridade na composição centesimal entre o cacau e o cupuaçu, excetuando o teor de lipídios, onde o cupuaçu apresentou valores significativamente superiores.
- O tempo de torração do cacau por 46 minutos a 150°C na camisa do aparelho, obteve a melhor média de notas na análise sensorial para o atributo sabor global, não apresentando significância estatística ($p > 0,05$) em relação aos outros tempos estudados.
- O tempo de torração do cupuaçu por 55 minutos a 150°C na camisa do aparelho, obteve a melhor média de notas na análise sensorial para o atributo sabor global, apresentando significância estatística ($p \leq 0,05$) em relação aos outros tempos estudados.
- Pelas características diferenciadas das amêndoas de cupuaçu (50 e 55 minutos), foi observada a necessidade de um processo de torração mais prolongado desta amêndoa em relação ao cacau (46 minutos).
- As proteínas presentes no cupuaçu mostraram um significativo valor biológico nas diversas etapas do processamento, promovendo notoriamente crescimento dos ratos.

- As proteínas presentes no cacau mostraram um menor valor biológico que as de cupuaçu nas diversas etapas do processamento, promovendo um menor crescimento dos ratos.
- O processo de fermentação não alterou estatisticamente ($p > 0,05$) o valor biológico das proteínas de cacau e cupuaçu em relação às sementes não fermentadas.
- O processo de torração resultou num melhoramento da qualidade biológica das proteínas de cacau e cupuaçu, embora tenha apresentando significância estatística ($p \leq 0,05$) somente para o cupuaçu.
- Considerando que o valor nutritivo do cupuaçu é superior ao cacau, testes sensoriais comparativos com o chocolate deveriam ser desenvolvidos visando o consumidor infantil.
- As proteínas do cupuaçu possuem composição aminoacídica que supera a composição do cacau no que diz respeito aos aminoácidos leucina, isoleucina e tirosina, que são limitantes no cacau.
- O maior valor nutritivo da proteína do cupuaçu pode ser explicado pela não limitância desses aminoácido, mas não pode ser descartada a presença ou ausência de outras substâncias, ou até, de características físico-químicas peculiares nas proteínas do cupuaçu.
- Os perfis de aminoácidos livres, tanto para o cacau quanto para o cupuaçu, apresentaram elevações significativas durante a fermentação, assim como consumo relevante durante o processo de torração, evidenciando a importante participação destes na formação do sabor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECIA SORIA, L.A. **Estudo do valor nutritivo e da fração albumina dos extratos de proteína solúvel de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L) em função do grau de torração.** Campinas, 1999. 127p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76^A Rodent Diet. AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION. 1993.
- ANDRADE, J. de S. Aproveitamento tecnológico do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum); pesquisas realizadas no INPA. In: I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1996, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa – CPAA, 1996. p 143-146.
- AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: edited Ig W. Horwitz 13^a ed. Washington, 850p, 1984.
- AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: edited Ig W. Horwitz 16^a ed. Washington, 850p, 1997. v.2.
- ARAGÃO, C.G. **Mudanças físicas e químicas da semente do cupuaçu (*Theobroma graniflorum* Schum) durante o processo fermentativo.** Manaus, 1992. 115p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas.
- AREMU, C.Y.; AGIANG, M.A.; AYATSE, J.O.J. Nutrient and antinutrient profiles of raw and fermented cocoa beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, 48: 217-223, 1995.
- BARBOSA, W.C.; NAZARÉ, R.F.R. & NAGATA, I. Estudos físicos e químicos dos frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e murici (*Byrsonima crassifolia*). **Anais Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 5: 797-808. 1978.
- BAREL, M; LEON, D; VINCENT, J.C. Influence du temps de fermentation du cacao sur la production des pyrazines du chocolat. **Café, Cacao, The**, v.29: 277-286, 1985.
- BECKETT, S.T. **Industrial Chocolate Manufacture and Use.** Edited by S.T. Beckett, 2 ed. Imp. London: Blackie Academic, 1994, 408 p.

- BENDER, A.E.; DOELL, B.H. Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis. **The British Journal of Nutrition**, 11:138-143, 1957.
- BERBERT, P.R.F. Determinação do teor de ácidos graxos e características físicas das gorduras das sementes do *Theobroma grandiflorum* L. e do *Theobroma bicolor* L. e comparação com a gordura do *Theobroma cacao* L. **Revista Theobroma**, 11(2): 91-98. 1981.
- BISPO, E.da S. **Processo de alcalinização dos "nibs" de cacau (*Theobroma cacao* L.) e avaliação da qualidade do pó**. Campinas, 1999. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- BRITO, E.S. **Estudo das mudanças estruturais e químicas produzidas durante a fermentação, secagem e torração do cacau (*Theobroma cacao* L.); e propostas de tratamentos para o melhoramento do sabor**. Campinas, 2000. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- CALZAVARA, B.B.G., MÜLLER C.H.& KAHWAGE, O.N.C. **Fruticultura tropical: O Cupuaçuzeiro. Cultivo, Beneficiamento e Utilização do Fruto**. EMBRAPA/CPATU, Belém. 1984.
- CALZAVARA, B.B.G. **Cupuaçuzeiro. Recomendações Básicas** 1. EMBRAPA/CPATU, Belém. 1987.
- CHAAR, J.M. **Composição do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e conservação do seu néctar por meios físicos e químicos**. Rio de Janeiro, 1980. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- CHATT, E.M. **Cocoa**. New York, Interscience Publishers. Vol. III. 302 p. 1953.
- COUTINHO, R.B.S. Industrialização das sementes de cupuaçu (*Theobroma bicolor* Humboldt). **Revista de Farmácia e Bioquímica da Amazônia**, v.11 n.4 p.283-286, 1969.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA (CEPLAC). Normas técnicas para o cultivo de cacau no Recôncavo Baiano. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau, 1980. 43p.
- CONSELHO NACIONAL DO COMÉRCIO EXTERIOR. Resolução nº 42. Rio de Janeiro. 1968. 9p. Brasil.
- CRESPO, S. Judging the quality of cocoa beans. **The Manufacturing and Confectioner**, 4: 59-64, 1985.

- CUNHA, C.R., JACKIX, M.N.H., CORTELAZZO, A. & VASCONCELOS, M.A.M. Alterações na microestrutura das amêndoas durante a fermentação de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), In: **II Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos**. 1997. Campinas – São Paulo.
- CUNHA, J & SERÔDIO, R. Tecnologia disponível para o beneficiamento e armazenamento do cacau. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 172. 45 p. 1991.
- DA SILVA, R.M. **Estudo do Sistema Reprodutivo e Divergência Genética em Cupuaçuzeiro**. Piracicaba, 1996. 151 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DE ANGELIS, R.C. Valor Nutricional das Proteínas – Métodos de Avaliação. **Cadernos de Nutrição** 10:08 –29. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. 1995.
- DENKE, M.A. Effects of cocoa butter on serum lipids in humans: historical highlights. **Am. J. Clin. Nutr.**, p,1014S-1016S, 1994, Suppl. 60.
- DIAS, J.C. **Permeabilidade da casca da semente de cacau ao ácido acético: evolução na fermentação e efeito da adição de celulasas, antes da secagem, na acidez do produto final**. Lavras, 1987. 70p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Lavras.
- DIAS, J.C & ÁVILA, M. da G. M. Avaliação do grau de fermentação e da acidez do cacau comercial dos estados do Pará e Rondônia. Belém, CEPLAC/SUPOR. Boletim Técnico nº 12. 13p. 1994.
- DIAS, J.C. Influência do tamanho do fermentador e da época no tempo de fermentação e acidez do cacau. Belém, CEPLAC/SUPOR. Boletim Técnico nº 16. 18p. 1998.
- DODO, H.W.; FRITZ, P.J.; FURTEK, D.B. A cocoa 21 kilodalton seed protein has trypsin inhibitory activity. **Café, Cacao, Thé**. v.36, n.4, p.279-284, 1992.
- DRUMMOND, M.C. de M. **Relação entre o grau de torração do cacau (*Theobroma cacao* L.), sua qualidade nutricional a atributos sensoriais**. Campinas, 1998. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- EVANS, E.; WITTY, R. An assessment of methods used to determine protein quality. **Wld. Ver. Nutr. Diet.**, London, v. 32, p. 1-26, 1978.

- FADINI, A.L. **Comparação da eficiência do processo convencional de torração do cacau frente ao processo por microondas**. Campinas, 1998. 122p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- FARFÁN, J.A. **Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia dos alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1994.134p.
- FERREIRA, H.I.S.; FREIRE, L.B.; MASCARENHAS, G.; LANDIM, A.D.; DIAS, L.H.A. **Custos Efetivos de Produção de Cacau**. 1998. <http://www.jacaranda.vescba.com.br/hilmar/1relatorio.htm>, 25.10.1999.
- FORSYTH, W.G.C., QUESNEL, V.C. Cacao glycosidase and colour changes during fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.8, p. 505-9, 1957.
- FORSYTH, W.G.C., QUESNEL, V.C., ROBERTS, J.B. The interaction of polyphenols and proteins during cacao curing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.9, p. 181, 1958.
- GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. Forage fibre analysis. Agri-handbook: Agriculture Research Service, U. S. Dept. Agriculture, p.375, 1970.
- GRIMALDI, J. Les possibilités D'amélioration des techniques D'ecabossage et de fermentation dans le processus artisanal de la préparation du cacao. **Café, Cacao, Thé**. v.22: p.306-316, 1978.
- HEYDE, M.E.D. von der. **Estudo de dietas habituais e de uma proposta de cesta básica de baixo custo**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Londrina, 1991.
- HOLDEN, M. Processing of raw cocoa. III. Enzimic aspects of cocoa fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 10:691-700, 1959.
- HOMMA, A.K.O. Cupuaçu: Potencialidade e mercado, algumas especulações. In: I Workshop sobre as culturas de cupuaçu e pupunha. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa –CPAA, 1996. p170.
- HOSKIN, J.M. & DIMICK, P.S. Chemico-Physical Aspects of Chocolate Processing – A Review. **Journal of Canadian of Food Science and Technology**. v.14 (4): 269-282, 1981.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: DPE-DEAGRO**. <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, 25.10.1999.

- INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION (ICCO). **Estimativa da produção mundial para o período de 1998/99**. <http://www.icco.org/>, 15/06/1999.
- JACQUOT, R.; PERET, J. Protein efficiency ratio and related methods. In: BIGWOOD, E.J. **Protein and aminoacid functions**. Pergamon Press, Oxford, 1972. Cap. 7, p.317-346.
- JANSEN, G.R. Biological Evaluation of Protein Quality. **Food Technology**, v.32 (12), 1978.
- KALIL, A.C. **Manual Básico de Nutrição**. São Paulo: Instituto de Saúde, 1975.
- LAJUS, B. **Estudo de alguns aspectos da tecnologia do cacau**. São Paulo, 1982. 81 p. Dissertação (Mestre) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.
- LOPEZ, A. S. Fermentation and organoleptic quality of cacao as affected by partial removal of pulps juices from beans prior to curing. **Theobroma**. 9(1): 25-37, 1979.
- MARAVALHAS, N. Armazenagem intermediária do cacau comercial. **Cacau Atualidades**. (13): 3-11, 1976.
- MEURSING, E.H. **Cocoa powders for industrial processing**. 3.ed. ver Koogaam de zaam, Cacaofabriek De Zaan B. V., 1983. 126 p.
- MINIFIE, B. W. **Chocolate, cocoa and confectionery science and technology**. West Port, AVI, 1970, 480p.
- MINIFIE, B. W. **Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology**. 3. Ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 940p.
- MIRANDA, R.M. **Conservação da polpa de cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Manaus, 1989. 104 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), INPA.
- MÜLLER, C.H. et. al. Cupuaçu. Coleção Plantar. Série Vermelha: Fruteiras. EMBRAPA-CPATU-SFI. Brasília, 1995.
- NAZARÉ, R.F.R.; BARBOSA, W.C. & VIÉGAS, R.M.F. Processamento das sementes de cupuaçu para obtenção de cupulate. EMBRAPA –CPATU, 38p. **Boletim de Pesquisa**, n. 108, 1990.
- NAZARÉ, R.F.R. Processamento tecnológico do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). I Workshop sobre as culturas de cupuaçu e pupunha. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa – CPAA, 1996. p170.

- OLIVEIRA, M.L.S. **Contribuição ao aproveitamento industrial do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Fortaleza, 1981. 72p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará.
- PASSMORE, R.; NICOL, B.M.; RAO, M.N. **Manual sobre Necessidades Nutricionales del Hombre.** Ginebre: OMS, 1975.
- PETTIPHER, G. L. Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, 37: 297-309, 1986.
- PEZOA, G.N. H. **Estudo sobre utilização de hidrociclones para a separação de partículas no processamento de concentrado e isolado protéico de soja.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, 1985.
- PHILOCREON, N.C. Frutos Comestíveis do Brasil. **An. Farm. Quim.** São Paulo. 13 (11/12): 92-7, 1962.
- QUEIROZ, M. B. **Estudo dos parâmetros de torração de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*).** Campinas, 1999. 109p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- QUESNEL, V.C. Agents inducing the death of cacao seeds during fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 16:441-474, 1965.
- QUESNEL, V.C., LOPEZ, A. A sweat-box for fermentation small samples of cacao. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.52, n.4, p.309-316, 1975.
- REINECCIUS, G.A.; ANDERSEN, D.A.; KAVANAGH, T.E.; KEENEY, P.G. Identification and quantification of the free sugars in cocoa beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.20, n.2, p. 199-201, 1972.
- RIBEIRO, C.C. Perspectivas de utilização tecnológica da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1; 1996, Belém. **Anais.** Embrapa Amazônia Oriental/IICA, 1997. p.193-197.
- RODRIGUES, D.M. & SANTANA, A. C. de. Aspectos da produção e da comercialização do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) no estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1; 1996, Belém. **Anais.** Embrapa Amazônia Oriental/IICA, 1997 p.351-360.
- ROHAN, T.A. The precursors of chocolate aroma: comparative study of fermented and unfermented cocoa beans. **Journal of Food Science.** V. 29, p. 456-459, 1964.

- ROHAN, T.A.; STEWART, T. The precursors of chocolate aroma: production of free amino acids during fermentation of cocoa beans. **Journal of Food Science**, n.32, p. 395-398, 1967.
- SANTOS, A. I. & CONDURU, J.M.P. Comparação de rendimento entre frutos de duas variedades de cupuaçuzeiros (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Comunicado Técnico 31**, IPEAN, Belém – PA, 1972.
- SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA (SEA). Zoneamento agroclimático do estado de Minas Gerais. **Cultura do Cacau**. Governo do Estado de Minas Gerais: Belo Horizonte, 1980.
<http://www.agridata.mg.gov.br/mapgeo/html/cacau.html>, 25.10.1999.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (SEAGRI). **Aspectos Gerais: Cacaueiro**. Governo Estado da Bahia: Bahia, sd.
<http://www.bahia.ba.gov.br/seagri/cacau1.htm>, 25.10.1999.
- SCHWAN, R.F. Microbiology of cocoa fermentation: A study to improve quality. In: 12º CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU. Salvador – BA, novembro, 1996.
- SGARBIERI, W.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.
- SHEPERD, R. Large scale processing of cocoa beans temperature and acidity trends. **The Planter**. v. 52, n.605, p.311-322, 1976.
- SILVA, W.G. **Gordura de Cupuaçu, Sucedâneo da Manteiga de Cacau**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências de Farmacêuticas - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.
- SOUZA, A.G, SOUSA, N.; SILVA, S.; NUNES, C.; CANTO, A. ; CRUZ, L. Fruteiras da Amazônia. **Coleção Biblioteca Botânica Brasileira**. v. 1. p. 68, EMBRAPA – SPI, Manaus, 1996.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Composition of Foods. Washington: USDA, 1963.
- VASCONCELOS, M. A. M. de. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Campinas, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- VENTURIERI, G.A. **CUPUAÇU: A espécie, sua cultura, usos, e processamento**. Belém: Clube do Cupu, 1993. 108p.

- VENTURIERI G.A. & AGUIAR, J.P. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd Ex Spreng Schum). **ACTA AMAZÔNICA**, 18(1/2): 3-8, 1988.
- VILLACHICA, H. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. **Tratado de Cooperacion Amazonica**, Lima – Peru, 1996, 367p.
- VOIGT, J.; BIEHL, B. The major seed proteins of *Theobroma cacao* L. **Food Chemistry**, n.47, p.145-151, 1993.
- ZAK, D.L; KEENEY, P.G. Extraction and fractionation of cocoa proteins as applied to several varieties of cocoa beans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.24, n. 3: 479- 486, 1976.
- ZAK, D.L. The development of chocolate flavor. **The Manufacturing Confectioner**. v.68, n. 11: 69-74, 1988.
- ZAMALLOA, C.W. A. **Caracterização físico-química e avaliação de metilpirazinas no desenvolvimento do sabor em dez cultivares de cacau (*Theobroma cacao* L.) produzidos no estado de São Paulo**. Campinas, 1994. 111p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

APÊNDICE I

Tabela 29. Temperaturas médias durante o processo fermentativo de cacau e cupuaçu.

Tempo (hs)	Temperatura média (°C)	Temperatura média(°C)
0	27	31
24	33	32
48	40	41
72	49	49
96	46	43
120	45	43
144	45	40
168	45	35

APÊNDICE II

Tabela 30. Valores médios das temperatura durante os processos de torração a 55, 50, 45 e 40 minutos para as amêndoas fermentadas de cupuaçu.

Tempo	55 min*	50 min*	45 min*	40 min*
0	150,0±0,0	150,0±0,0	150,0±0,0	150,0±0,0
2	81,2±0,3	81,3±1,2	79,9±0,4	80,1±1,1
5	104,0±0,4	100,6±1,6	101,0±0,6	102,6±1,3
10	119,9±0,3	118,5±1,1	117,6±0,4	119,3±0,6
15	128,0±0,6	127,6±0,8	126,3±0,4	126,1±0,6
20	132,9±0,4	133,5±0,4	131,3±0,5	130,7±1,9
25	137,6±0,5	137,8±0,1	135,2±0,4	135,6±1,9
30	141,6±0,6	141,1±0,3	139,3±0,6	139,5±1,4
35	144,0±0,6	143,4±0,1	142,4±0,6	141,9±0,8
40	145,8±0,2	145,2±0,4	143,2±0,4	143,8±0,3
45	146,6±0,4	146,5±0,4	144,7±0,2	-
50	147,7±0,4	147,5±0,4	-	-
55	149,0±0,5	-	-	-

* Temperaturas medidas em graus Celsius (°C).

Tabela 31. Valores médios das temperatura durante os processos de torração a 46, 44, 42 e 40 minutos para as amêndoas fermentadas de cacau.

Tempo (min)	46 min*	44 min*	42 min*	40 min*
0	150±0,0	150±0,0	150±0,0	150±0,0
2	72,0±1,9	76,0±2,0	72,9±1,6	73,5±1,9
6	99,6±1,7	100,0±0,9	96,3±1,9	95,1±1,8
10	114,0±1,6	114,4±1,1	112,4±1,5	112,2±2,0
14	123,6±1,9	121,9±1,6	120,4±1,2	122,5±1,8
18	127,5±1,7	126,5±1,8	126,1±1,3	126,4±1,3
22	130,4±1,3	129,5±2,1	130,7±1,6	131,7±1,6
26	134,3±1,5	132,8±1,6	134,0±1,7	135,5±1,7
30	137,7±1,6	135,5±0,9	136,4±1,8	138,5±2,1
34	139,9±1,5	138,5±0,5	139,0±1,2	140,3±1,8
38	140,9±1,2	139,5±0,9	140,8±1,0	141,0±1,9
40	142,7±1,4	141,8±1,7	142,5±1,6	141,5±1,8
42	144,3±1,3	142,3±1,5	144,1±1,4	-
44	145,8±1,1	143,2±1,8	-	-
46	146,4±1,2	-	-	-

* Temperaturas medidas em graus Celsius (°C).

APÊNDICE III

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas de uma mistura à base de cacau/cupuaçu em relação ao aroma global segundo a escala abaixo.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas de uma mistura à base de cacau/cupuaçu em relação ao sabor global segundo a escala abaixo.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

Figura 16. Ficha utilizada nas análises sensoriais das formulações à base de cacau e cupuaçu.