



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
LABORATÓRIO DE MICROONDAS APLICADAS



**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO
DE AMÊNDOAS DE CUPUAÇU POR MICROONDAS
FRENTE AO PROCESSO DE TORRAÇÃO
CONVENCIONAL**

PARECER

Por

Nádia Rosa Pereira

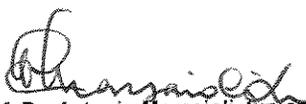
Eng^a. Química – UEM (PR)

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Nádia Rosa Pereira** aprovada pela Comissão Julgadora em 08 de abril de 2003.

Campinas, 08 de abril de 2003.

Prof. Dr. Antonio Marsaioli Júnior

Orientador


Prof. Dr. Antonio Marsaioli Júnior
Presidente da Banca

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

Campinas – SP
Março de 2003

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE	30
Nº CHAMADA/T/UNICAMP	P414e
V	EX
TOMBO BCI	59238
PROC.	124/03
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	12/06/03
Nº CPD	

CM0018559B-9

BIB ID 293694

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

P414e Pereira, Nádia Rosa
Estudo comparativo do processo de torração de amêndoas de cupuaçu por microondas frente ao processo de torração convencional / Nádia Rosa Pereira. – Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Antonio Marsaioli Júnior
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Microondas. 2. Cupuaçu. 3. Análise sensorial.
I. Marsaioli Júnior, Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

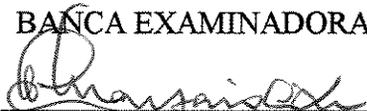
ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO DE AMÊNDOAS DE CUPUAÇU POR MICROONDAS FRENTE AO PROCESSO DE TORRAÇÃO CONVENCIONAL

Por

Nádia Rosa Pereira

Tese aprovada em _____ de _____ de 2003.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Antonio Marsaioli Jr.

(ORIENTADOR – DEA/FEA/UNICAMP)



Prof. Dr. Nelson Horácio Pezoa Garcia

(MEMBRO – DTA/FEA/UNICAMP)



Prof. Dr.ª Miriam Dupas Hübinger

(MEMBRO – DEA/FEA/UNICAMP)

Prof. Dr.ª Helena Maria André Bolini Cardelo

(SUPLENTE – DEPAN/FEA/UNICAMP)

200320357

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Marsailoi Jr., pela orientação, incentivo, dedicação, confiança e amizade dispensados ao longo do desenvolvimento do trabalho.

À Fapesp, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Nelson Horácio Pezoa Garcia, pelas inúmeras sugestões, colaboração, paciência e disponibilidade dispensados.

À Prof. Helena Maria A. B. Cardello, pela inestimável ajuda no desenvolvimento da parte sensorial.

À toda a equipe da análise sensorial, principalmente pela paciência e pelo tempo dispensado nas análises do teste de aceitação.

Aos técnicos e alunos do Laboratório de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados, por me acolherem no laboratório e pelas orientações dentro do mesmo.

Ao Marcus Vasconcelos, à Alessandra Lopes e à Rafaela Mattietto, por todas as sugestões dadas a respeito do tema cupuaçu.

Ao Prof. Dr. Fabio Augusto e à Ana Maria de Oliveira do Instituto de Química, pelo desenvolvimento da metodologia e posterior análise dos compostos aromáticos.

À Prof. Dr. Anita Marsailoi, pela ajuda, apoio e carinho dispensados, muito obrigada!

Aos colegas do laboratório de Microondas Aplicadas: Fábio, Flávio, Kamila, Michele e

Wander.

À Priscila Efraim, pela amizade, apoio, tempo e companheirismo na etapa final e a Amanda pela força na hora das análises.

Ao Adauto da planta piloto, pela disposição e ajuda no processamento do cupuaçu e pelo carinho.

Aos amigos que encontrei aqui, por todo carinho, confiança e ajuda em todas as horas.

Ao Sinho, por tudo que representou em minha vida.

Ao Nilson E. de Souza, pelo incentivo na iniciação acadêmica e pela amizade.

Aos meus pais e aos meus irmãos (Vanucha e Amílcar), por tudo....

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 SOBRE O CUPUAÇU	4
3.1.1 <i>Gênero Theobroma</i>	4
3.1.2 <i>Theobroma grandiflorum (Wild, ex Spreng)</i>	5
3.2 FERMENTAÇÃO E SECAGEM	13
3.3 TORRAÇÃO.....	15
3.4 QUANTIFICAÇÃO DOS AROMAS	18
3.5 O AQUECIMENTO POR MICROONDAS	21
3.5.1 <i>Propriedades Dielétricas dos Materiais</i>	24
3.6 ANÁLISE SENSORIAL.....	26

4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	MATERIAL.....	29
4.1.1	<i>Matéria Prima</i>	29
4.1.2	<i>Equipamentos</i>	29
4.1.2.1	Forno Aplicador de Microondas (Bancada):.....	30
4.2	MÉTODOS.....	31
4.2.1	<i>Preparo da Matéria-Prima</i>	33
4.2.1.1	Fermentação e Secagem das Sementes de Cupuaçu.....	33
4.2.1.2	Classificação das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas.....	36
4.2.2	<i>Torrção</i>	36
4.2.2.1	Torrção Convencional.....	36
4.2.2.2	Torrção em Microondas.....	37
4.2.3	<i>Obtenção do liquor de cupuaçu</i>	39
4.2.4	<i>Caracterização Físico-química das Amêndoas de Cupuaçu</i>	41
4.2.5	<i>Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de</i> <i>alquilpirazinas</i>	42
4.2.5.1	Extração dos voláteis.....	42
4.2.5.2	Separção, concentração, identificação e quantificação de alquilpirazinas por CG.....	44
4.2.6	<i>Análise Sensorial</i>	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1.1	<i>Caracterização da Matéria Prima</i>	48

5.1.1.1	Classificação das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas	49
5.1.1.2	Composição centesimal das amêndoas fermentadas e secas	49
5.2	TORRAÇÃO CONVENCIONAL DAS AMÊNDOAS DE CUPUAÇU	50
5.2.1	<i>Análise Sensorial</i>	51
5.2.2	<i>Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de</i> <i>alquilpirazinas</i>	56
5.2.3	<i>Composição físico-química das amêndoas torradas</i>	59
5.3	TORRAÇÃO POR MICROONDAS DAS AMÊNDOAS DE CUPUAÇU	60
5.3.1	<i>Análise Sensorial</i>	63
5.3.2	<i>Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de</i> <i>alquilpirazinas</i>	73
5.3.3	<i>Composição Físico-química das amêndoas torradas por microondas</i>	76
6	CONCLUSÕES	78
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal das sementes de cupuaçu e cacau, segundo diversos autores.....	10
Tabela 2 – Constantes físicas e químicas de gordura das sementes de cupuaçu e cacau.	10
Tabela 3 – Composição percentual em ácidos graxos livres da gordura das sementes de cupuaçu e cacau.....	10
Tabela 4 – Níveis das variáveis tempo (t) e temperatura do produto (T) estudadas	38
Tabela 5 – Modelo do planejamento experimental a ser realizado durante a torração no forno de microondas.....	39
Tabela 6 – Composição física das amêndoas de cupuaçu.....	48
Tabela 7 – Resultados da prova de corte para as amêndoas de cupuaçu.....	49
Tabela 8 – Composição centesimal, em base seca, das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas (CFS).....	50
Tabela 9 – Média das notas dadas pelo provadores para os atributos avaliados para as amêndoas de cupuaçu torradas convencionalmente	52
Tabela 10 - Concentração das pirazinas nas amostras de cupuaçu torradas em forno convencional a 150°C.	57
Tabela 11 – Composição química das amêndoas de cupuaçu torradas convencionalmente por 53 minutos.....	60

Tabela 12 – Médias de aceitação dos provadores em relação à cor, aroma, sabor e imp. gl. para as os ensaios do planejamento experimental da torração por microondas.....	63
Tabela 13 – Estimativa dos efeitos para os atributos da análise sensorial.....	65
Tabela 14 - Concentração das pirazinas nas amostras de cupuaçu torradas por microondas ...	73
Tabela 15 – Composição química do liquor de amêndoas de cupuaçu torradas em microondas.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Detalhe da árvore de cupuaçu com o fruto.....	6
Figura 2 – Amêndoa de cupuaçu torrada cortada longitudinalmente e seus constituintes	8
Figura 3 – Forno Digestor a Microondas CEM – Mod. MDS – 2100 (Adaptado).....	30
Figura 4 - Fluxograma geral do processamento das amêndoas de cupuaçu	32
Figura 5. Peças componentes da caixa de fermentação T-60.....	35
Figura 6 – Fluxograma de quebra das amêndoas de cupuaçu.....	40
Figura 7: Esquema SPME para o processo de extração dos analitos para análise por CG.....	43
Figura 8 – Esquema de injeção do analítico no cromatógrafo.....	44
Figura 10 – Perfil médio de temperatura no interior da cavidade do forno elétrico rotativo durante os ensaios de torração convencional.....	51
Figura 11 – Histograma de frequência de notas para o atributo cor.....	53
Figura 12 – Histograma de frequência de notas para o atributo aroma	53
Figura 13 – Histograma de frequência de notas para o atributo sabor	54
Figura 14 – Histograma de frequência de notas para o atributo impressão global.....	55
Figura 15: Cromatograma das alquilpirazinas estudadas no liquor de cupuaçu da amostra de 53 minutos. Identificação dos picos: 1. 2-Metil-pirazina ($t_R = 10,185$ min); 2. 2,5-Dimetil-pirazina ($t_R = 12,218$ min); 3. 2,6-Dimetil-pirazina ($t_R = 12,446$ min); 4. Etil-pirazina ($t_R = 12,688$ min); 5. 2,3-Dimetil-pirazina ($t_R = 13,119$ min); 6. 2,3,5-Trimetil-pirazina ($t_R = 14,984$ min) e 7. Tetrametil-pirazina ($t_R = 16,535$ min).....	56
Figura 16 – Perfil da evolução das metil pirazinas durante o processo de torração convencional em amêndoas de cupuaçu.....	57
Figura 17 – Perfil médio de temperaturas no interior de uma amêndoa durante os ensaios de torração por microondas	62

RESUMO

O cupuaçu é uma fruta nativa da Amazônia brasileira que apresenta um alto potencial para a industrialização e comercialização. Até recentemente a exploração comercial do cupuaçu restringia-se à sua polpa. Atualmente, entretanto, a semente do cupuaçu vem sendo objeto de uma incipiente exploração comercial: estudos recentes mostram que, a partir dela, é possível confeccionar um produto similar ao chocolate. Para tanto, a semente deve passar por processos semelhantes aos dispensados à semente do cacau para obtenção do chocolate: fermentação, secagem e torração. A etapa de torração é uma das mais importantes, pois nela é que se desenvolvem importantes componentes do complexo sistema que proporciona as características de sabor e aroma ao chocolate. A torração de amêndoas inteiras pelo processo convencional não oferece uma uniformidade de temperatura entre o centro e a superfície da amêndoa. Por outro lado, a utilização de microondas em processos de torração de cacau tem-se mostrado eficaz, pois sendo o gradiente de calor menos acentuado e a temperatura mais uniforme, o processo é mais homogêneo em todo o material. A contribuição deste estudo foi verificar o processo de torração de amêndoas inteiras de cupuaçu por microondas, com o objetivo de compará-lo ao processo convencional. Os procedimentos foram os seguintes. No processo convencional, as amêndoas foram torradas por 53, 55 e 57 minutos com temperatura fixa de 150°C na camisa do torrador. No processo por microondas, realizou-se um planejamento fatorial completo 2² (totalizando 11 ensaios) e as variáveis estudadas foram temperatura interna da amêndoa (103 a 117°C) e tempo de processamento (11 a 17 minutos). Para os dois processos, as respostas analisadas foram concentração das alquilpirazinas e teste de aceitação sensorial. Os dois processos apresentaram boa aceitação frente aos consumidores.

As amostras torradas convencionalmente não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si e as amostras realizadas no ponto central do planejamento ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=14$ minutos) foram as mais bem aceitas, apresentando notas acima das convencionais. Entretanto, a análise dos compostos aromáticos não apresentou bons resultados. As amostras obtidas pelo processo convencional apresentaram um perfil de evolução das pirazinas um pouco diferente do que poderia se esperar com base nos dados disponíveis da literatura, sugerindo que mais estudos devam ser realizados a fim de elucidar esta divergência. As amostras oriundas do processamento por microondas apresentaram resultados analíticos sem repetibilidade na faixa de tempos e temperaturas estudadas, sugerindo a ocorrência de alguma irregularidade no processo de obtenção do liquor. O objetivo da pesquisa foi, no entanto, cumprido, indicando que a torração por microondas coloca-se como uma boa alternativa para o processo de torração do cupuaçu, uma vez que mostrou bom desenvolvimento de aroma e sabor e menor tempo e consumo de energia em comparação ao processo convencional.

ABSTRACT

The cupuassu is a native fruit from the Brazilian Amazon which presents a great potential for industrialisation and commercialisation. Until recently the commercial exploration of the cupuaçu was restricted to its pulp. Nowadays its seed is also being the target of a new commercial exploration: recent studies have shown that it is possible to produce a product from the seed which is similar to chocolate. In this case, the seed must undergo procedures which are similar to those used for cacao to obtain the chocolate, that is: fermentation, drying and roasting. The roasting phase is one of the most important ones because it is during this phase that very important components of the complex system are developed to bring the characteristics of the chocolate flavor. The roasting of whole seeds by the conventional process does not provide a uniform temperature between the centre and the surface of the seed. On the other hand, the use of microwaves in cacao roasting processes have been proven effective because the temperature gradients are smaller so that the process is more uniform and the roasted material more homogeneous. The contribution of this study was to verify the roasting process of whole cupuassu seeds using microwaves, with the objective of comparing it to the conventional process. The followed procedures were: In the conventional process the seeds were roasted for 53, 55 and 57 minutes at a fixed temperature of 150 °C in the outer roasting chamber. In the microwave process there was a complete factorial design 2^2 (totalling 11 experiments) and the studied variables were inner temperature of the seed (103 a 117°C) and processing time (11 to 17 minutes). In both processes the answer were concentration of alquilpyrazines and sensorial acceptance evaluation. Both processes presented good acceptance by consumers. The samples roasted conventionally do not present significant

differences ($p \leq 0,05$) among themselves and the samples obtained in the central point of the factorial design ($T=110^{\circ}\text{C}$ and $t=14$ minutes) were the best accepted ones, presenting higher than the conventional ones. However, the analyses of the aromatic components did not present good results. The samples obtained by the conventional process have shown a pyrazine profile evaluation a little bit different from the one that would be expected by taking the available data from literature, suggesting that more study has to be accomplished in order to clear such a divergence. The samples processed by microwaves have presented analytical results (pyrazines) without repeatability inside the time and temperature range which were studied, suggesting that some irregularity occurred during the process of obtaining the liquor. The goal of the research was however accomplished indicating that the roasting by microwaves presents itself as a good alternative to the roasting process of the cupuassu once it has shown a good flavor development in less time and energy consumption as compared to the conventional process.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Uma das principais e mais consumidas frutas da região amazônica brasileira é o cupuaçu, também conhecido como cupu, cupuassu ou cupu-do-mato. É uma fruta típica da Amazônia, sendo cultivada nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Os agricultores do Pará foram os primeiros a cultivá-la de forma planejada no início da década de 80. Entretanto, atualmente se observa também o cultivo de espécies isoladas nos estados de São Paulo, Bahia e Rio de Janeiro (Nazaré, 1996; Cavalcante, 1976; Venturieri, 1988).

O cupuaçu tem um alto potencial de industrialização, pois todos os seus inúmeros derivados possuem sabores apreciados. Atualmente, seu valor econômico está baseado na produção e industrialização da polpa, mas as sementes, que correspondem a aproximadamente 20% do peso do fruto, também apresentam alto valor nutritivo e ainda têm seu valor comercial pouco reconhecido. Até recentemente, era utilizada em sua maioria como adubo ou tratada como resíduo da indústria de beneficiamento da polpa. Entretanto, devido principalmente ao modismo de produtos exóticos, tem havido um crescente interesse na utilização da gordura extraída das sementes por parte das indústrias de cosméticos.

A polpa do cupuaçu fornece produtos derivados como creme, tortas, sorvetes, néctar, balas, geléias, licores, etc. A partir de suas sementes, podem-se produzir produtos análogos ao chocolate, com cor, aroma e sabor característicos dessa espécie. Entretanto, esse produto ainda não é industrializado, restringindo-se a uma produção artesanal de âmbito regional.

Sabe-se que a semente de cupuaçu é rica em gordura e que, após a sua retirada do

interior da fruta, para a confecção de produto análogo ao chocolate, ela sofre os seguintes processos: fermentação, secagem, torração, descascamento, prensagem das amêndoas sem casca para a retirada parcial da manteiga e moagem da torta que sobrou da prensagem. Esta última corresponde ao equivalente do chocolate em pó.

Como ocorre com o cacau, além da fermentação, o processo de torração é fundamental para a qualidade do produto. Assim sendo, no caso do cupuaçu, ele é determinante na obtenção das características similares às do chocolate, pois, nessa etapa, ocorrem algumas mudanças - como diminuição dos ácidos voláteis indesejáveis e inativação das enzimas que podem degradar a manteiga - responsáveis pela perda de água e pelo desenvolvimento do aroma e da cor típicos do chocolate. Segundo Mohr (1978), a torração convencional do cacau não oferece um produto uniforme devido à diferença de temperatura entre o centro e a superfície da amêndoa, chegando esta diferença a 12°C.

O interesse pelo desenvolvimento de novos sistemas de processamento, mais rápidos, com menor custo e que forneçam produtos mais homogêneos, leva-nos a propor um estudo da torração da semente de cupuaçu fermentada através de microondas.

2 OBJETIVOS

Considerando-se o valor nutritivo das sementes de cupuaçu e a possibilidade de obtenção de produto similar ao chocolate a partir da semente fermentada, seca e torrada, este trabalho tem como objetivo:

- 1) Diminuir o tempo de processamento e promover maior uniformidade da temperatura no processo de torração da semente de cupuaçu, utilizando energia de microondas;
- 2) Desenvolver ao máximo o potencial aromático das amêndoas;
- 3) Comparar o processo de torração convencional ao processo de microondas, através da análise dos compostos aromáticos, em que predominam as pirazinas, e da análise sensorial dos produtos obtidos pelos dois processos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sobre o Cupuaçu

3.1.1 Gênero *Theobroma*

O gênero *Theobroma*, que pertence à família *Sterculiaceae* juntamente com os gêneros *Herrania*, *Guazuma* e *Cola*, é um dos mais importantes do ponto de vista econômico. O gênero é constituído basicamente de espécies arbustivas, com alturas variando de 5 a 15m. As espécies são umbrófilas, vivendo no estado inferior da mata. Entretanto, nessas condições, as espécies florescem pouco. Com relação à composição química, são ricas em proteína, gordura e amido e apresentam de 1 a 3 % de teobromina. Em muitas espécies, pode ser encontrada também a cafeína (Monteiro, 1996).

Entre as árvores do gênero, a *Theobroma cacao* L., originária da região Amazônica (Minifie, 1970), cujo fruto é o cacau, é a espécie de maior valor comercial. De sua semente fabrica-se chocolate, um dos produtos mais importantes da indústria alimentícia da atualidade, pois é conhecido e consumido em escala planetária. O chocolate já era conhecido e usado como bebida pelos Aztecas antes da chegada dos europeus à América. Tudo indica que os botânicos europeus, ao se depararem com o cacau, já pressentiram a importância que essa planta teria para o futuro da humanidade. Em grego, *Theobroma* significa “alimento dos Deuses”, o que por si só fornece a medida da importância atribuída ao cacau já no momento de sua catalogação científica, séculos atrás.

Em segundo lugar em termos de importância econômica, vem a espécie *Theobroma grandiflorum* ou o cupuaçu, cujo fruto, embora tradicionalmente aproveitado pelas populações nativas da Amazônia, só ultimamente vem sendo objeto de exploração comercial sistemática e em larga escala. A parte do fruto mais aproveitada em termos comerciais ainda é a polpa, usada *in natura* na forma de suco ou como matéria-prima para fabricação de sorvetes, geléias e doces. Na extração e elaboração da polpa do cupuaçu ainda prevalece a forma artesanal, mas a exploração em escala industrial já se faz cada vez mais presente. Além da polpa, o cupuaçu fornece também a semente, cuja exploração econômica oferece perspectivas promissoras. Da semente do cupuaçu pode-se obter um produto com qualidades similares ao chocolate. O cupuaçu já é importante fonte de renda para muitas famílias da Amazônia, mas tudo indica que suas potencialidades econômicas ainda estão longe de se esgotar (Venturieri *et al.*, 1988).

3.1.2 *Theobroma grandiflorum* (Wild, ex Spreng)

O cupuaçu é também conhecido por cupu, pupu, pupuaçu, cacau branco, entre outras denominações. Cupuaçu é uma palavra composta originária da língua Tupi, na qual *Kupu* significa “semelhante ao cacau” e *uasu* significa “grande” (Calzavara *et al.*, 1984 e Venturieri *et al.*, 1993).

O cupuaçu é uma árvore frutífera (Figura 1) oriunda da Amazônia e ocorre em estado nativo na parte oriental da Hiléia Amazônica (Monteiro, 1996). Tem um bom desenvolvimento em regiões onde as temperaturas médias oscilam entre 21 e 27°C e a umidade relativa do ar varia de 77-88%. É uma planta de boa adaptação à sombra, o que faz

com que seja apropriada para formação de consórcios com outras plantas de porte florestal (Venturieri *et al.*, 1993). Em estado silvestre, as árvores podem atingir até 20 metros e, quando cultivadas, suas alturas podem variar de 4 a 8 metros (Calvazara, 1987 e Venturieri *et al.*, 1993).



Figura 1 – Detalhe da árvore de cupuaçu com o fruto

Quando cultivada, a primeira safra ocorre no quarto ano após a germinação da semente, entre os meses de novembro a julho, que correspondem ao período de chuvas na região amazônica. Seu clímax ocorre entre fevereiro e abril (Miranda, 1989; Venturieri, 1993). Entretanto, o cupuaçu apresenta baixíssima fecundidade. Falcão *et al.* (1983, citados por Venturieri, 1993) relataram que são necessárias 3.500 flores para produzir uma média de 17

frutos em plantas com sete anos de idade. Por isso, pesquisadores das áreas de biologia e agronomia vêm desenvolvendo pesquisas com vistas à obtenção de melhorias genéticas que aumentem a rentabilidade na exploração comercial dessa fruta.

O fruto do cupuaçu é uma baga grande constituída da casca (epicarpo mais mesocarpo), endocarpo (polpa que envolve as sementes) e sementes. O epicarpo é rígido, lenhoso e com epiderme clorofilada. A fruta apresenta forma elíptica de 12 a 25 cm de comprimento e 10 a 12 cm de diâmetro, variando o seu peso de 500 a 2.500 g.

Calzavara (1984) elaborou a seguinte classificação morfológica do fruto:

- Cupuaçu redondo – possui os frutos com a extremidade arredondada, sendo a mais comum na região;
- Cupuaçu mamorana – os frutos apresentam-se com a extremidade comprida, parecida com bico ou ponta. É a variedade que produz os frutos de maior tamanho e peso;
- Cupuaçu mamau – variedade encontrada na localidade de Pacajás, município de Cametá, no rio Tocantins-PA, cuja característica dos frutos é não possuir sementes.

Venturieri (1993) constatou que um fruto rende, em média: 43,4% de casca, 38,5% de polpa, 17,19% de sementes e 2,85% de placenta. A polpa comestível é de coloração amarela ou brancacenta, de sabor ácido e aroma forte e é muito apreciada organolepticamente. Do ponto de vista nutritivo, a polpa do cupuaçu destaca-se pelo elevado teor de vitamina C e

pectina (Calvazara, 1984).

O procedimento tradicional para separação da polpa é realizado manualmente com tesouras, mas esse processo artesanal está sendo substituído por despoldadeiras mecânicas de médio e grande porte, proporcionando maior produtividade e melhoria dos padrões de qualidade do produto final, especialmente no quesito higiene. A polpa do cupuaçu é comercializada na forma de sucos, compotas, cremes, geléias, licores, iogurtes, sorvetes, etc. Várias empresas nacionais e internacionais já comercializam esses produtos em grandes quantidades (Homma, 1996; Ribeiro, 1992 e Venturieri, 1993).

As sementes são quase circulares, achatadas, têm em média 2,6 cm de comprimento por 2,3 cm de largura e 0,9 cm de espessura. São constituídas de casca (testa), cotilédone (miolo) e gérmen (Figura 2). Formam-se e crescem superpostas em torno de um eixo central, vulgarmente chamado de talo, longitudinalmente disposto em relação ao comprimento da fruta (Calzavara *et al.*, 1984; Cavalcante, 1988). Apresentam 57% (em peso seco) de gordura em sua composição com digestibilidade de 91,1% em humanos (Corrêa, 1926/1969, citado por Venturieri, 1993).

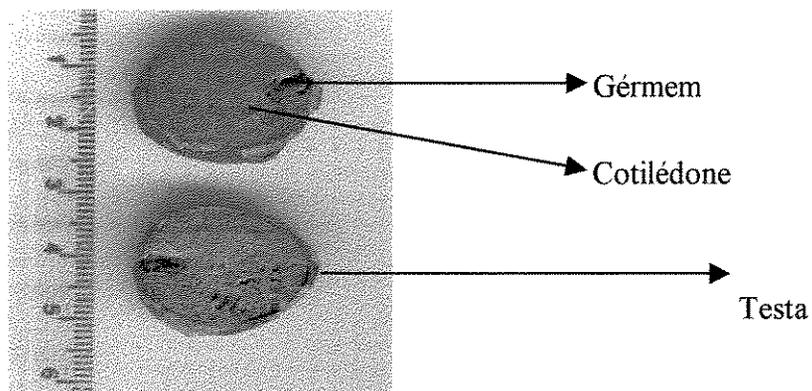


Figura 2 – Amêndoa de cupuaçu torrada cortada longitudinalmente e seus constituintes

O cupuaçu, de maneira geral, tem características próximas às do cacau. Entretanto, apesar das inúmeras semelhanças, nem sempre o tratamento industrial dispensado com êxito ao cacau aplica-se ao cupuaçu. Tomando-se um exemplo: a composição centesimal da amêndoa do cupuaçu é muito semelhante à do cacau, conforme já foi comprovado por diversos pesquisadores (Tabela 1), mas isto não é suficiente para garantir homogeneidade de tratamento industrial da gordura, por exemplo. Embora a gordura do cupuaçu apresente semelhanças com as do cacau no que diz respeito às constantes físicas e químicas (Tabela 2), o ponto de fusão entre as duas não é coincidente (Coutinho, 1969; Venturieri *et al.*, 1988). Uma possível explicação para isto estaria na diferença do perfil em ácidos graxos notada entre essas duas espécies, conforme Tabela 3.

Tabela 1 – Composição centesimal das sementes de cupuaçu e cacau, segundo diversos autores.

Composição (%)	Cupuaçu		Cacau	
	Lima (1995)*	Mattieto(2001)	Lima (1995)*	Mattieto(2001)
Proteína	13,5	10,24	12,2	11,48
Gordura	60,1	63,20	57,1	57,05
Cinzas	2,5	2,37	3,1	2,18
Carboidratos**	23,9	20,56	27,5	25,25
Energia (kcal/100g)	672,1	-	573,8	-

*valores expressos em base seca; ** e outros compostos

Tabela 2 – Constantes físicas e químicas de gordura das sementes de cupuaçu e cacau.

Constantes	Cupuaçu	Cacau
pH	5,7	6,3
Ponto de fusão(°C)	32-34	30-35
Densidade Específica (25°C)	0,9074	0,973
Índice de refração	1,4583	1,4565-1,4570
Índice de acidez	4,2	1-4
Índice de iodo	45,9	32-42
Índice de saponificação	174,6	192-198
Insaponificáveis (%)	0,6	0,3-0,8

Fonte: Vasconcelos *et al.*, 1975.

Tabela 3 – Composição percentual em ácidos graxos livres da gordura das sementes de cupuaçu e cacau

Ácidos Graxos	Cupuaçu	Cacau
Palmitico (C16:0)	5,8	32,8
Esteárico (C18:0)	38,3	35,5
Oléico (C18:1)	42,8	29,6
Araquídico (C20:0)	4,8	1,0
Linoléico (C18:2)	8,3	1,1

Fonte: Vasconcelos *et al.*, 1975.

Segundo Berbert (1981), a gordura do cupuaçu apresenta maior maciez com relação à manteiga de cacau, não podendo ser usada como sucedâneo integral desta. Essa característica abre perspectivas para a gordura do cupuaçu ser usada na indústria de cosméticos e margarina. Venturieri (1993) relata que, em Manaus, já estão sendo comercializados cremes para a pele e outros cosméticos feitos à base de gordura de cupuaçu. Recentemente, através de meios de comunicação de massa, também se observa que a **Natura**, um dos gigantes nacionais do ramo de cosméticos e perfumaria, faz publicidade de cremes e outros cosméticos fabricados com matérias-primas da Amazônia, incluindo o cupuaçu.

Partindo das semelhanças entre o cupuaçu e o cacau, vários pesquisadores fizeram experiências com o cupuaçu para elaboração de produtos similares ao chocolate (em pó, amargo, ao leite e branco), usando processo idêntico ao aplicado ao cacau para a produção de chocolate: fermentação, secagem e torração. O produto obtido, batizado de cupulate® por Nazaré em 1996, apresentou valores nutritivos superiores aos do chocolate de cacau (Lopes, 2000), o que abre perspectivas de disputa para o cupuaçu no amplo mercado dos produtos alimentícios destinados ao público infantil. Considerando ainda suas características peculiares de sabor, que podem torná-lo excelente matéria-prima na produção de achocolatados diferenciados e de alta qualidade (Queiroz e Garcia, 1999; Venturieri, 1988), não seria nenhum exagero afirmar que as perspectivas comerciais que se abrem para o cupuaçu são alentadoras.

A demanda com relação ao cupuaçu é crescente, o que pode ser medido pelo elevado preço atingido atualmente pelo produto no mercado, resultante da maior utilização por parte das indústrias e do aumento da capacidade de processamento das mesmas. O fruto e

seus derivados estão conseguindo uma ampla penetração no mercado; em parte decorrente do modismo entre os consumidores de renda média e alta. Entretanto, segundo alguns autores, esse tipo de demanda tem o seu lado perverso. Essa demanda elitizada e ainda não estabilizada, que puxa os preços para cima, impede a vulgarização do consumo do cupuaçu entre as camadas mais pobres da população. O alto preço também impediria a utilização do cupuaçu em programas sociais (Calzavara *et al.*, 1984; Homma, 1996 e Ribeiro, 1992). Segundo a Organização Não Governamental (ONG) **Amazonlink**, sediada em Rio Branco, Acre, a polpa do cupuaçu era comercializada em 2002 a um preço que variava entre 2 e 4 dólares por quilograma (www.amazonlink.org, 20 jan. 2003). Esta mesma fonte informa ainda que, no primeiro quadrimestre de 2002, apenas o estado do Amazonas exportou cerca de 50 toneladas de semente de cupuaçu para o Japão. Para 2003, a expectativa é de que essa exportação atinja a marca de 200 toneladas.

Outro indicador da importância econômica crescente do cupuaçu é a corrida que se desencadeou em nível internacional pelo controle não só dos produtos e subprodutos do cupuaçu, mas também por inovações nos métodos do processamento de sua polpa e de sua semente. A concorrência, entretanto, não se restringe a estes aspectos.

O potencial econômico do cupuaçu manifesta-se também na disputa que se desencadeou também em torno do próprio nome da fruta e tudo indica que essa acirrada porfia mal está começando. Segundo denúncia da já citada ONG Amazonlink, os exportadores de cupuaçu para a Comunidade Européia, Estados Unidos e Japão estão proibidos de fazer em suas embalagens qualquer menção à palavra cupuaçu, porque a mesma já foi patenteada como marca registrada pela Asahi Foods, uma empresa japonesa sediada em Kyoto. Além

da marca cupuaçu, a Asahi Foods já registrou várias patentes sobre uso do cupuaçu em alimentos e cosméticos. Para a Amazonlink, trata-se de pura biopirataria, pois a Asahi Foods estaria se apropriando indevidamente de um conhecimento tradicional das populações nativas da Amazônia.

A denúncia da ONG acreana já teve repercussão na imprensa nacional e no próprio ministério de relações exteriores. A Agência Estado, vinculada ao influente jornal O Estado de São Paulo, noticiou a denúncia da Amazonlink em despacho do dia 08 de janeiro de 2003 (Escobar, 2003). O mesmo assunto foi tema de reportagem do Globo Rural, programa de grande audiência da Rede Globo de televisão, levado ao ar em 19 de janeiro de 2002. Nessa reportagem, veiculou-se que o Ministério de Relações Exteriores já está estudando o assunto para questionar a legalidade dessa patente japonesa junto à Comunidade Européia.

3.2 Fermentação e Secagem

O processo de fermentação é de fundamental importância para o desenvolvimento de precursores de sabor de chocolate em amêndoas de cacau e, por extensão, também de cupuaçu (Lopez, 1973). A polpa mucilagínosa que envolve as sementes é rica em nutrientes, fator que, aliado à temperatura e pH adequados, cria um meio propício para as reações essenciais dentro do cotilédone pela ação da atividade microbiana. Essas reações afetam significativamente a qualidade do produto final, principalmente nos aspectos que envolvem a formação de aroma e sabor (Minifie, 1989 e Schwan, 1996).

Na primeira fase da fermentação, conhecida como fermentação alcoólica, as leveduras convertem anaerobicamente a sacarose, a glicose e a frutose da polpa em etanol e

CO₂ e metabolizam o ácido cítrico. Como resultado, há um aumento no pH e na temperatura (30-35°C) da massa e inibição da atividade das leveduras. Com isso, o meio torna-se adequado para a atividade das bactérias lácticas, iniciando a segunda etapa do processo fermentativo: a fase aeróbica (Carr, 1982 citado por Mattietto, 2001; Urbanski, 1992 e Beckett, 1994).

Outras reações importantes, principalmente as enzimáticas, também ocorrem na fermentação dentro dos cotilédones, promovendo mudanças na coloração das amêndoas. Os componentes de pigmento são convertidos em açúcares e cianidinas pela enzima glicosidase. A sacarose é convertida em glicose e frutose pela ação da invertase. A proteína, por sua vez, é convertida em peptídios e aminoácidos pela proteinase, ao passo que a polifenoxidase promove a conversão dos polifenóis em quinonas. Essas reações caracterizam a fase hidrolítica. Na fase de condensação oxidativa, os compostos protéicos-fenólicos são oxidados, o que explica a coloração marrom adquirida pelos cotilédones. As quinonas formam complexos com aminas, aminoácido e compostos de enxofre, diminuindo a adstringência e o sabor amargo das amêndoas (Lopez, 1974 citado por Mattietto, 2001; Urbanski, 1992).

Nessa segunda fase, as bactérias lácticas produzem ácido láctico. Com a diminuição do substrato (açúcar) e a presença de etanol e de ácido láctico, criam-se condições para a ação das bactérias acéticas. Estas transformam o etanol em ácido acético e água e promovem um aumento da temperatura da massa (45-48°C). O resultado da ação das bactérias acéticas é a difusão e hidrólise das proteínas do cotilédone, promovendo a morte do tecido da amêndoa. É com a morte do embrião que a semente passa a ser chamada de amêndoa.

Em seguida à fermentação, as amêndoas devem ser submetidas ao processo de

secagem até atingir entre 6-7% de umidade, ponto considerado ideal para estabilizar a atividade microbiana e prevenir a formação de mofos (Vasconcelos, 1999).

3.3 Torração

O processo de torração da amêndoa consiste em um tratamento térmico sujeito à ação de inúmeras variáveis. As reações que ocorrem durante esse processo são afetadas por fatores tais como tempo, temperatura, umidade e pH, assim como pela concentração dos precursores dos compostos aromáticos. O desenvolvimento dos precursores do “flavour” (sabor e aroma) de chocolate também é dependente da origem e tipo de amêndoa, período de colheita e fermentação. Portanto, para o máximo desenvolvimento do potencial aromático das amêndoas, essas condições devem ser rigorosamente controladas e otimizadas (Beckett, 1994; Keme, 1994; Pezoa Garcia, 1989; Zamalloa, 1994).

Durante a torração do cacau e, por extensão, do cupuaçu, algumas enzimas são inativadas e a estrutura das amêndoas é modificada, favorecendo o descasque, a moagem e o refino. Também é neste processo que alguns voláteis indesejáveis são parcialmente eliminados, como os ácidos acético, propiônico, butírico e outros (Gilbert, 1997). A concentração dos ácidos não voláteis (oxálico, cítrico, tartárico, succínico e láctico) não é influenciada pelo processo de torração.

Uma das principais e mais complexas reações que formam o sabor e o aroma (“flavour”) durante o processo de torração é chamado de escurecimento não-enzimático, reação de Maillard ou reação amino-carbonil. Os precursores da reação são aminoácidos e açúcares redutores livres (Beckett, 1994; Keme, 1994). Entre os compostos

aromáticos formados predominam em número as pirazinas (Queiroz, 1999). Segundo Barel *et al.*(1985), as pirazinas representam cerca de 25% dos produtos identificados na fração aromática do chocolate.

As pirazinas são compostos aromáticos heterocíclicos. Em alimentos, elas podem se originar de três fontes: as naturais, as formadas por microorganismos e as formadas por reação química durante processo térmico. Durante o processo de torração, ocorre um aumento gradual de suas concentrações, mas, se ultrapassado o ponto ideal, ocorre diminuição dessa concentração por volatilização (Gallois, 1994, citado por Fadini, 1998; Beckett, 1994).

Entretanto, apesar de se destacarem no grupo dos componentes do aroma de cacau e também do cupuaçu, as pirazinas não são as responsáveis diretas pelo sabor característico do chocolate. Na verdade, este sabor é o resultado da mistura complexa de um grande número de compostos presentes no cacau. Foram identificados em torno de 400 a 500 compostos diferentes na fração aromática de chocolate, dentre os quais pode-se citar: hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, aminas, oxazols, compostos sulfúricos (Beckett, 1994).

Durante os processos seguintes à torração, como o refino e a conchagem, pode haver ocorrência de mudanças adicionais das características de sabor e aroma do produto torrado. No processo de refino, a temperatura é elevada devido à alta pressão dos rolos, embora em curto período de tempo, podendo promover formação de açúcares amorfos que absorvem os compostos aromáticos. Entretanto, esse fato não altera o sabor do produto com a mesma intensidade que o processo de torração (Niedick, 1991, citado por Beckett, 1994).

A torração de cacau e de cupuaçu pode ser realizada em amêndoas inteiras, na forma de “nibs”, ou na forma de liquor (massa de cacau). A forma de “nibs” é aquela na qual a amêndoa foi descascada, degerminada e quebrada em fragmentos de tamanhos homogêneos.

A torração de amêndoas inteiras, utilizando fornos convencionais, traz algumas vantagens e desvantagens. A principal vantagem é a facilidade do descasque da amêndoa após o processo e maior rendimento de “nibs”, utilizados nas etapas posteriores à torração. As principais desvantagens desse tipo de aquecimento são: falta de homogeneidade de aquecimento em amêndoas de tamanhos diferentes; combustão de materiais aderidos à casca ou da própria casca e migração da gordura líquida para a casca, diminuindo a quantidade de manteiga no processo final (Beckett, 1994).

A energia de microondas pode ser uma alternativa de processo visando minimizar esses fatores. Pois, o aquecimento entre amêndoas de diferentes tamanhos é mais homogêneo e o tempo de processo é razoavelmente menor que o processo convencional, minimizando fatores tais como perda de gordura líquida do cotilédone para a casca e perda de nutrientes da amêndoa. Fadini (1998) diminuiu o tempo de torração de amêndoas inteiras de cacau de 42 a 44 minutos em forno elétrico convencional para um tempo de residência médio em forno de microondas de 10 minutos, cerca de 4,2 vezes menor.

Coutinho (1969) verificou que a torração do cupuaçu a 110-120°C por 4 horas produz sementes de coloração marrom e com um aroma característico do chocolate. Um estudo similar foi realizado por Lima (1995). Nazaré (1996), em outro estudo, verificou que esse produto tem propriedades organolépticas e nutritivas similares às do chocolate. As amêndoas

foram torradas a 150°C, descascadas e prensadas a fim de separar a manteiga. Então, de acordo com cada produto, foram feitas as misturas da manteiga, torta e açúcar em suas devidas proporções.

Fadini (1998) verificou que amêndoas de cacau torradas por microondas numa potência de 3200W produzem um produto com características sensoriais semelhantes às do produto torrado de forma convencional, com um menor tempo de processamento.

Oliveira (2001), a fim de otimizar o potencial aromático das amêndoas de cupuaçu, realizou um pré-tratamento para a torração em forno convencional e de microondas. No tratamento térmico em forno de microondas, verificou que houve uma redução de 66% no teor de fenóis totais e de 29,5% no teor de acidez total, enquanto no tratamento em forno convencional a redução foi de 32,5% e 29,9%, respectivamente.

3.4 Quantificação dos Aromas

Segundo Mateos e Carbonel (1990), as principais características das substâncias responsáveis pelo aroma dos alimentos são: volatilidade, elevada solubilidade em solventes orgânicos e solubilidade relativamente baixa em água. A maioria dos métodos utilizados para analisar esses tipos de substâncias levam em consideração essas características.

Pode-se dizer que a análise da fração volátil de um alimento divide-se em quatro partes: 1) separação da fração volátil do material não volátil; 2) concentração da fração volátil; 3) fracionamento da mistura dos diferentes componentes; 4) identificação e quantificação dos componentes previamente separados. Uma vez que o aroma é formado por um grande número

de constituintes orgânicos de diferentes estruturas químicas, propriedades e concentrações, sua quantificação é bastante complexa, requerendo equipamentos modernos e sofisticados (Fadini, 1998).

Segundo Zamalloa (1994), a cromatografia gasosa é uma técnica analítica amplamente utilizada nas pesquisas que envolvem aromas. Considerando que o aroma é um complexo de compostos, é fundamental a utilização dos limites máximos de resolução e sensibilidade proporcionados por esta técnica.

Pezoa (1989) utilizou a cromatografia gasosa (CG) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) no estudo dos compostos aromáticos do cacau torrado. Os resultados obtidos demonstraram melhor performance do método que utilizou a CG, pois através dela separaram-se melhor os compostos aromáticos. Para alguns compostos aromáticos, a CLAE resultou em sobreposição de picos, enquanto os mesmos foram perfeitamente separados por CG.

Com relação às técnicas para isolar e concentrar os compostos voláteis, alguns estudos utilizaram o extrator Likens e Nickerson para isolar a fração aromática do cacau torrado, com resultados bastante satisfatórios. Este método consiste de um micro-extrator adaptado a um destilador, em que o extrato aromático é capturado em um solvente de extração. Pezoa (1989) utilizou esse sistema para isolar os compostos aromáticos dos gases de torração de cacau e de café e Zamalloa (1994) empregou esse mesmo sistema na extração dos aromas de cacau torrado e moído.

A preparação dos métodos tradicionais é demorada e trabalhosa, seus procedimentos envolvem muitas etapas, durante as quais podem ocorrer perdas de compostos, além de, geralmente, serem utilizados solventes tóxicos. Mudanças nas metodologias de extração estão sendo propostas como uma alternativa para se livrar da utilização de solventes nos processos. Essas necessidades levaram ao desenvolvimento de uma técnica de preparação de amostra livre de solvente: microextração em fase sólida - SPME (Alpendurada, 2000).

Enquanto o sistema de extração proposto por Lickens e Nicckerson é muito complexo, sendo realizado em várias etapas, utilizando solventes orgânicos (diclorometano, clorofórmio, etc) e aquecimento (Wilson *et al.*, 2002), a técnica de SPME é um método rápido, simples e com conveniente preparação da amostra. Tendo sido introduzida em 1990 (Pawlinszyn, 1999, citado por Wilson *et al.* 2002), é ideal para análises quantitativas e qualitativas de compostos aromáticos. Apenas requer exposição durante um período de tempo da fibra no headspace acima da amostra, seguida de dessorção térmica direta do analito na entrada de injeção do cromatógrafo gasoso (Augusto e Zini, 2002).

Vem sendo amplamente utilizada em análises de aromas alimentícios, como o café, polpas de frutas brasileiras (cupuaçu, graviola, cajá, siriguela, kiwi, e outras). A fibra Carboxen PDMS apresentou bons resultados na extração dos aromas de polpas industrializadas de cupuaçu, graviola, cajá e siriguela, especialmente para compostos de baixo peso molecular (Augusto e Zini, 2002).

3.5 O Aquecimento por Microondas

A radiação por microondas é uma forma de energia que, movendo-se através de objetos, pode sofrer fenômenos de reflexão, transmissão e absorção. As microondas são refletidas por superfícies metálicas e refratadas por materiais dielétricos. Sua propriedade mais importante para a tecnologia de alimentos é a absorção por materiais dielétricos, em forma de calor (Engelder e Buffler, 1991). Esta propriedade resulta em redução do tempo de processamento e maior rendimento do produto final. Além disso, o alimento processado por microondas apresenta, em geral, uma qualidade superior à alcançada no processamento com técnicas convencionais (Decareau e Peterson, 1986).

Atualmente convencionou-se chamar de microondas as frequências compreendidas na faixa entre 300 MHz a 300 GHz (comprimento de onda entre 1 m e 1 mm). As frequências de microondas permitidas para a utilização em aquecimento, nas áreas industrial, científica e medicinal (ISM), são: 915 ± 25 MHz, 2.450 ± 50 MHz, 5.800 ± 75 MHz e 24.225 ± 125 MHz. Mas na prática somente as frequências de 915 ± 25 MHz e 2.450 ± 50 MHz têm sido utilizadas (Decareau, 1985).

As frequências de microondas normalmente utilizadas no processamento industrial dos alimentos (915 e 2450 MHz) promovem interações entre os constituintes químicos dos alimentos e o campo eletromagnético, causando o atrito molecular responsável pelo aquecimento instantâneo do produto submetido ao tratamento térmico. O processo de aquecimento é desencadeado pela ruptura das pontes de hidrogênio fracas, associada com a rotação dos dipolos de moléculas de água livre e com a migração eletroforética de sais livres

em um campo elétrico de polaridade rapidamente variável. Portanto, os constituintes iônicos aquosos dos alimentos e seus constituintes sólidos associados têm influência direta sobre a maneira como o aquecimento se conduzirá (Marsaioli, 1991; Buffler, 1992).

A utilização de microondas soluciona alguns dos problemas enfrentados nos processos de aquecimento convencional. Enquanto neste a condução de energia é feita da superfície do material para o seu interior, o que torna o aquecimento desigual e lento, as microondas têm a propriedade de penetrar rapidamente no interior do material submetido ao tratamento térmico e, com isso, conseguem gerar calor uniformemente através da massa de materiais eletricamente não condutores. Portanto, nesse caso, o material que está sendo aquecido tem gradiente de calor menos acentuado e temperatura mais uniforme através de todo material (Campos, 1986).

Schiffmann (1976) destaca que as microondas podem produzir alimentos com melhor sabor, assim como manter os componentes nutricionais em níveis superiores aos obtidos em outros tipos de tratamento térmico, especialmente por prevenir lixiviação dos nutrientes.

A formação de aromas em alimentos por microondas depende da composição da matriz, de modo que a influência desta, em aquecimento por microondas, é maior que em aquecimento convencional (Parliment, 1994).

Atualmente, a principal meta das pesquisas sobre as propriedades elétricas dos alimentos é determinar mecanismos de interação entre os alimentos e a energia eletromagnética nas frequências de microondas, para facilitar o desenvolvimento de processos que melhorem o desempenho da indústria alimentícia. Essas propriedades

determinam a quantidade de energia acoplada por um produto alimentício, sua distribuição dentro do produto e, conseqüentemente, determinam também o tempo e a frequência das microondas necessárias para o aquecimento dos alimentos em processos de transferência de energia por condução e radiação (Mudgett, 1996).

A energia de microondas vem sendo testada em diversas áreas de eletrotermia industrial. Na indústria química, é aplicada em selagens de plásticos, expansão de espumas, eliminação de resíduos tóxicos, secagem de produtos em pó, em reações químicas incentivadas e secagem de tintas, de revestimentos e de cola.

Na indústria de alimentos, é utilizada na secagem de massas alimentícias, desidratação a vácuo, branqueamento, esterilização, pasteurização, cozimento, descongelamento de carnes, etc.

Várias pesquisas já foram desenvolvidas para utilização de energia de microondas em outros processos industriais na área de alimentos e os resultados obtidos são promissores. Fadini (1998) relata que é possível a torração de cacau por microondas, obtendo-se produtos com características sensoriais semelhantes às do produto torrado de forma convencional, num tempo menor em comparação com a torração convencional. Recentemente, no Laboratório de Microondas Aplicadas da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, foram realizadas experiências bem sucedidas com a utilização de energia de microondas para a torração de café, para tratamento térmico de grãos de arroz e para a secagem de macarrão e de amêndoas de castanha do Brasil. No caso da castanha, os tempos de secagem obtidos foram bem menores em comparação com o tempo despendido na secagem convencional, com a

vantagem adicional de se alcançar um produto final com preservação das melhores características naturais do alimento processado. (Silva, 2002).

3.5.1 Propriedades Dielétricas dos Materiais

Um material dielétrico pode ser definido como aquele que interage com um campo elétrico, porque contém portadores de cargas que podem ser deslocados. Como todos os corpos físicos, um material dielétrico consiste de um núcleo atômico positivo envolto por uma nuvem eletrônica negativa. Assim, quando um material é submetido à ação de um campo elétrico externo, os seus elétrons são levemente deslocados em relação ao núcleo e, ato contínuo, desencadeia-se a indução de momentos dipolos. Essa sucessão de reações causa o fenômeno conhecido como polarização eletrônica dos materiais (Jones, 1986).

Segundo Mudgett (1996), materiais biológicos agem como maus isoladores, isto é, como capacitores não ideais para armazenar e dissipar energia elétrica de uma aplicação de campo eletromagnético para transferência por irradiação.

Senise (1985) relata que as radiofrequências e as microondas são empregadas para o aquecimento de materiais dielétricos, ou seja, materiais que, além de maus condutores de eletricidade são também, via de regra, maus condutores térmicos.

A absorção de potência e intensidade de campo dentro dos produtos alimentares varia de acordo com a profundidade alcançada pela irradiação em relação à superfície, de modo que o poder de absorção do material se altera ao longo do processo. Em concordância, o fator de perda dielétrica ϵ'' varia, não somente de uma região do produto para outra, mas também

dentro de um segmento particular do produto conforme o aumento da temperatura pelo aquecimento gerado pelas microondas (Buffler, 1992).

O calor gerado dentro do produto pelo acoplamento de energia elétrica do campo está sujeito aos mecanismos convencionais de transferência de calor por condução interna, convecção superficial e evaporação de umidade, mediadas pelas propriedades térmicas e de transporte do produto. Essas propriedades físicas também dependem da temperatura, e assim variam com o tempo durante o período de aquecimento (Goldblith, citado por Buffler, 1992).

Desde que a energia eletromagnética penetre no material dielétrico, ocorre a transformação em calor por um conjunto de mecanismos em escala molecular e atômica, entre os quais se sobressaem a condução iônica e a rotação dipolar. A esta última, sobretudo, associa-se a imagem de “histerese dielétrica”, conceito que identifica o aquecimento de materiais dielétricos sob ação de radiofrequências e microondas.

Os parâmetros que caracterizam os materiais dielétricos são:

permissividade (ou constante dielétrica) ϵ' : mede a capacidade de um material para armazenar energia elétrica, por unidade de volume;

fator (ou constante de perdas) ϵ'' : é um parâmetro adimensional dado pelas propriedades elétricas do material. Seu valor indica a capacidade do material de dissipar energia elétrica na forma de calor;

tangente de perdas: é o quociente dos dois, ou seja, $\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon'$. Seu valor indica a

capacidade do material de ser penetrado por um campo elétrico e de dissipar essa energia na forma de calor.

A grande maioria das aplicações de radiofrequência e microondas na indústria relaciona-se com a água. A água, no estado líquido, está incluída entre os dielétricos com valores mais elevados de ϵ' e $\tan \delta$, o que permite dizer que materiais com água são “fáceis de esquentar” por microondas ou radiofrequência.

3.6 Análise Sensorial

A avaliação sensorial é usada para pesquisa em desenvolvimento de novos produtos, alteração de um produto já consolidado no mercado, controle de qualidade de matéria-prima e produto acabado ou estocado, variações no processo e controle de mercado.

A avaliação sensorial dos alimentos, além de indicar a opinião de um determinado grupo de consumidores em relação a um ou mais produtos, tem como principais objetivos oferecer subsídios para a melhoria de qualidade, observar os efeitos de processamento ou armazenamento e caracterizar produtos em estudo (Amerine *et al.*, 1965).

Pode ser realizada por métodos descritivos e por métodos afetivos. Os métodos descritivos abordam o perfil sensorial do produto em questão e avaliam a intensidade das características sensoriais do mesmo. Os métodos afetivos avaliam a preferência ou aceitação de um produto pelo mercado consumidor. O objetivo principal é conhecer a opinião de um grupo de consumidores em relação a uma amostra ou mais. A avaliação da opinião do consumidor pode ser feita quanto ao produto de forma global ou sobre certas características do

produto individualmente, como cor, textura, brilho, sabor, e outros atributos (Stone *et. al.*, 1993).

Os métodos afetivos podem ser feitos de duas maneiras distintas: por teste de preferência e por teste de aceitação do consumidor. O teste de preferência (teste de escolha forçada) tende a medir a preferência do consumidor de um produto em relação a outros. Nesse caso, o provador é “obrigado” a escolher um produto, mas não indica o grau de aceitação do mesmo. Os testes mais utilizados são: comparação pareada, ordenação e preferência múltipla variada (Meilgaard, 1988).

O teste de aceitação avalia o quanto um grupo de consumidores gosta ou desgosta de um produto ou de um grupo de produtos e, embora não detecte a intenção de compra diretamente, é muito útil para ser aplicado antes de testes de pesquisa de mercado. Esses, sim, predizem a performance do produto no mercado. Eles geram informações complementares aos testes de pesquisa de mercado que são conduzidos por uma equipe de marketing. Esse tipo de teste pode ser aplicado em laboratório, na casa do consumidor ou em locais públicos (escolas, shoppings, etc.). Para o teste realizado em laboratório, o número de provadores deve estar entre 25 e 50. Um número menor que 25 pode não apresentar diferença significativa entre as amostras analisadas e um número superior a 50 pode aumentar substancialmente a probabilidade de encontrar diferenças significativas entre elas. Com relação ao número de amostras servidas, a indicação é não passar de cinco amostras por sessão. Assim, o provador permanece menos tempo nas cabines (de 10 a 15 minutos), evitando a fadiga sensorial (Stone *et. al.*, 1993).

A ficha aplicada a esse tipo de teste pode utilizar escala hedônica estruturada e não estruturada. A estruturada pode ser verbal ou mista. A escala hedônica não estruturada é uma representação gráfica na forma de uma linha simples, geralmente de 9 cm, ancorada nos extremos: desgostei extremamente e gostei extremamente (Anexo1). De acordo com Stonel e Sidel (1993), não há uma evidência clara com relação à igualdade dos intervalos, pois a distância psicológica entre duas categorias pode não ser equivalente, uma vez que o grau de apreciação de cada provador pelos produtos avaliados pode não ser o mesmo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 *Material*

4.1.1 Matéria Prima

Foram utilizadas amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas, com aproximadamente 5% de umidade, fornecidas pela CAMTA (Cooperativa Mista de Tomé-Açu - PA). Antes dos testes de torração, estas passaram por uma caracterização (teste de corte) para escolha do lote de melhor desenvolvimento aromático durante a fermentação. Em seguida, passaram por uma pré-limpeza manual na qual sementes com defeitos e/ou contaminadas, materiais estranhos e impurezas menores presentes foram retirados.

4.1.2 Equipamentos

- Estufa (FANEM Mod. 099EV);
- Torrador elétrico rotativo de laboratório PROBAT-WERKE;
- Moinho piloto de rolos cilíndrico resfriado PILON;
- Moinho de engrenagens elicoidais;
- Moinho de cilindros de borracha GAUTHIER S. A., modelo DBR 800;
- Balança analítica BOECO (Germany)
- Cromatógrafo a gás AGILENT, modelo 6890 com detector por emissão atômica marca

Agilent, modelo G2350A;

- Analisador de umidade a microondas CEM – modelo SMART 5 (item 4.2.3.);
- Medidor de umidade de cacau HYGRON (GEHAKA Ltda);

4.1.2.1 Forno Aplicador de Microondas (Bancada):

A torração das amêndoas de cupuaçu na bancada foi realizada em um forno de microondas, especial para laboratório, fabricado pela CEM Corporation, modelo MDS – 2100, que trabalha com potência máxima de microondas de 950W (Figura 3).



Figura 3 – Forno Digestor a Microondas CEM – Mod. MDS – 2100 (Adaptado)

O forno aplicador de microondas MDS – 2100 é inteiramente microprocessado e capaz de ajustar automaticamente a potência de microondas no intervalo de 0 a 100% da máxima, em função da temperatura desejada de tratamento do produto, sendo equipado com monitor de

temperatura com sensor de fibra ótica, o qual permite verificar e controlar automaticamente a temperatura do produto mediante o ajuste da potência de microondas durante o processamento.

A sonda de temperatura de fibra ótica, inserida dentro do produto, sai da cavidade de microondas via um conector separado e conduz a uma placa controladora de temperatura especial montada no sistema da placa principal (CPU). A temperatura medida diretamente na amostra é usada como sinal controlador de realimentação para regular a saída de potência de microondas e manter um valor selecionado de temperatura (set-point). As temperaturas de controle podem ser ajustadas em uma faixa de 0 a 200°C e exibidas na tela de cristal líquido (LCD) do sistema. Este forno foi adaptado no LMA com a inclusão de um acessório na forma de uma caçamba dotada de um agitador, tudo elaborado em material transparente às microondas. A caçamba recebeu uma carga determinada de amêndoas de cupuaçu, deixando-se uma amêndoa presa no dispositivo de agitação, dentro da qual permaneceu a ponta da sonda de fibra ótica para monitoração e controle da temperatura do material sob tratamento.

4.2 Métodos

Foram realizados testes de torração em amêndoas de cupuaçu inteiras através do processo convencional (forno elétrico) e através de aplicação de microondas em escala de bancada. O processamento das amêndoas seguiu as etapas e análises mostradas no fluxograma apresentado na Figura 4 ao longo do trabalho.

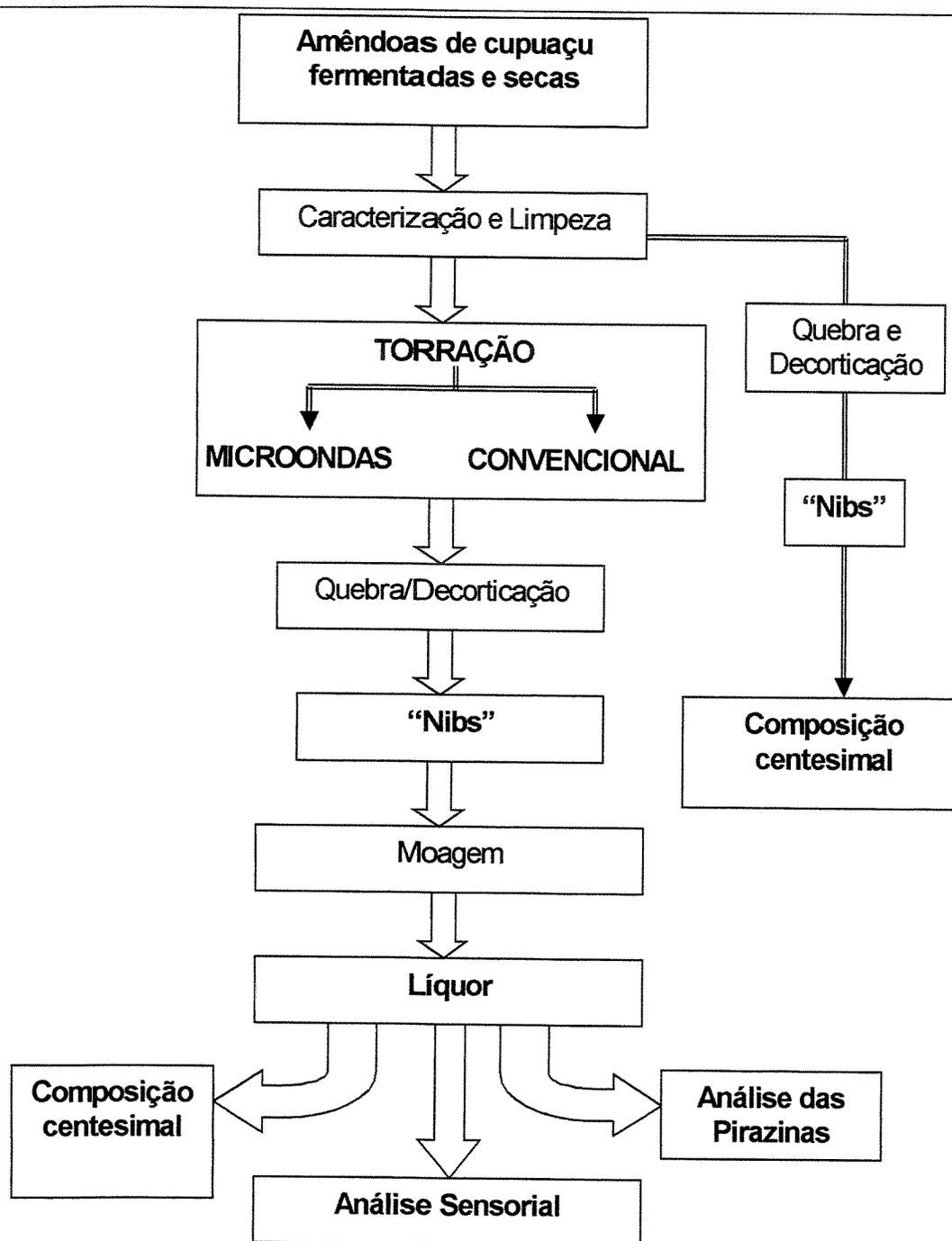


Figura 4 - Fluxograma geral do processamento das amêndoas de cupuaçu

4.2.1 Preparo da Matéria-Prima

As sementes foram fermentadas e secas segundo Vasconcelos (1999) e, então, foram transportadas para o laboratório de microondas aplicadas (LMA) da FEA/UNICAMP e acondicionadas sob refrigeração para realização dos testes posteriores.

4.2.1.1 *Fermentação e Secagem das Sementes de Cupuaçu*

As sementes de cupuaçu foram despulpadas mecanicamente, restando cerca de 5% de polpa aderida à semente, quantidade suficiente para a realização de uma boa fermentação. Três partidas (3 lotes) de 140 kg de sementes de cupuaçu despulpadas foram fermentadas em caixa de madeira, com dimensões de 190 x 120cm e 60cm de altura e espaço entre as tábuas de fundo de 0,2 cm, para escoamento dos líquidos durante o processo fermentativo.

A caixa, denominada T-60 (Figura 5), foi construída de acordo com Grimaldi (1978) (citado por Vasconcelos, 1999). A caixa possui três compartimentos com forma e volume adequados para as fases aeróbica e anaeróbica da fermentação e capacidade para aproximadamente 160 kg de sementes. Todo o processo foi realizado ao abrigo de 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 durante os qual foram realizados revolvimentos.

Foram obtidas as temperaturas diárias da massa, em diferentes níveis: superfície, meio e fundo. 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.

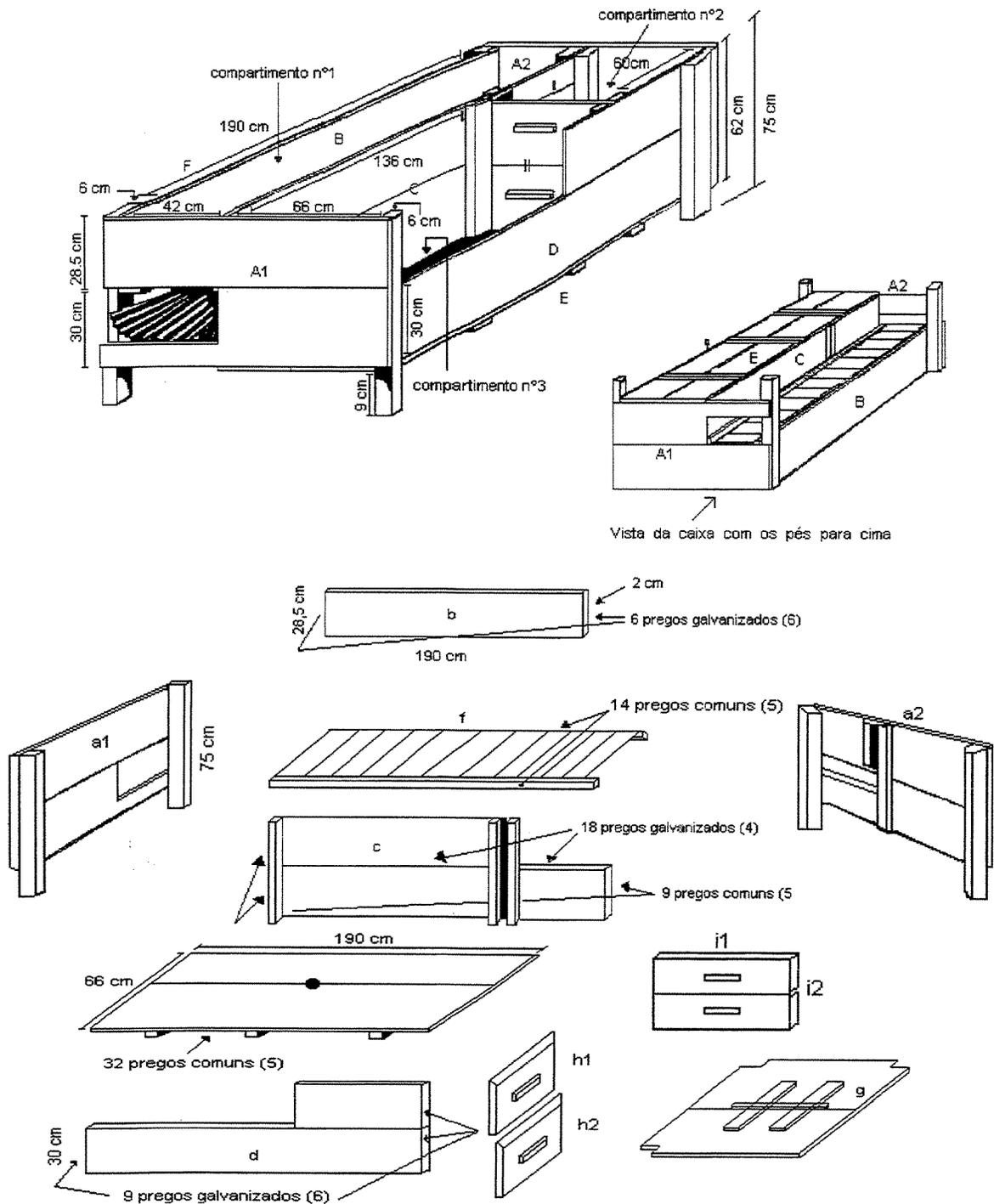


Figura 5. Peças componentes da caixa de fermentação T-60.

4.2.1.2 Classificação das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas

A qualidade de fermentação dos lotes de amêndoa fermentadas e secas foi avaliada pela prova de corte de acordo com o método proposto na Resolução nº 42 do Conselho Nacional de Comércio Exterior (CONCEX, 1968) que admite o seguinte:

- Total máximo de 4% de amêndoas mofadas e danificadas por insetos, sendo que cada defeito isoladamente não ultrapasse 2%;
- Máximo de 2% de amêndoas ardósias;
- Máximo de 2% de amêndoas achatadas (chochas) ou germinadas.

Para cada lote, uma amostra de 100g de amêndoas foi retirada (em triplicata) e, uma a uma, as amêndoas foram seccionadas longitudinalmente e avaliadas de acordo com o método.

4.2.2 Torração

As amêndoas fornecidas pela CAMTA foram divididas em dois lotes. Um foi utilizado para o estudo da torração convencional no forno elétrico rotativo e o outro foi destinado aos estudos da torração em forno de microondas de laboratório (item 4.1.2.1).

4.2.2.1 Torração Convencional

Segundo Lopes (2000), em estudo realizado com o cupuaçu, utilizando um forno elétrico rotativo escala piloto marca PROBAT, definiu-se que uma torração de amêndoas inteiras à temperatura de 150°C na camisa do torrador (cavidade externa) por um intervalo de 50-55 minutos foi considerada ideal segundo a preferência sensorial. Portanto,

baseando-se nisso, foram realizados testes de torração em forno elétrico rotativo para amostras de sementes de cupuaçu nas seguintes condições: temperatura de 150°C na camisa do torrador e tempo de torração de 53, 55 e 57 minutos. Para cada uma das três condições estudadas, foram realizadas 3 torrações utilizando uma massa de 250g.

4.2.2.2 Torração em Microondas

Para os testes de torração utilizando energia de microondas em escala de bancada, utilizamos o delineamento experimental baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) para otimização do processo visando o produto de melhor desenvolvimento de aroma e sabor. O planejamento experimental montado foi um fatorial completo com duas variáveis independentes e dois níveis (2^2 , com 4 pontos axiais e 3 pontos centrais). As variáveis estudadas foram tempo de processo e temperatura interna da amêndoa e as respostas analisadas foram os atributos da análise sensorial (sabor, aroma e impressão global) e análise dos compostos aromáticos (pirazinas). Com isso, foram realizados 11 ensaios no total, sendo 4 fatoriais, 4 pontos axiais e 3 repetições no ponto central (Tabela 8).

Fadini (1998) utilizou um forno rotativo contínuo de microondas para torração de amêndoas de cacau. O tempo de residência médio utilizado pela autora foi de 10 minutos e as temperaturas superficiais de saída das amêndoas variaram de 123 a 134°C, sendo que as amostras processadas a temperaturas mais altas foram as preferidas sensorialmente. Baseado nesse experimento, foram realizados dois testes preliminares nos quais foi mantido o tempo de torração fixo em 12 minutos e testadas duas temperaturas internas da amêndoa: 110°C e 120°C. Essas duas amostras foram servidas a alguns provadores no laboratório e a amostra a

110°C foi a preferida pela maioria. Nesses mesmos testes, definiram-se outras condições do processo: a massa de material a ser processada ideal para a capacidade do equipamento e melhor homogeneidade do processo em 250g; e estipulou-se um tempo de rampa de 6 minutos utilizando 80% da potência máxima do gerador para atingir o “set-point” e a potência de 60% da máxima para manutenção da temperatura estipulada em cada ensaio.

Os níveis das variáveis utilizadas para o planejamento fatorial da torração por microondas estão expostos na Tabela 4. A Tabela 5 apresenta os valores codificados e reais das duas variáveis estudadas no processo de torração por microondas.

Tabela 4 – Níveis das variáveis tempo (t) e temperatura do produto (T) estudadas

Variáveis	Níveis codificados				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
T(°C)	103	105	110	115	117
t(min)	11	12	14	16	17

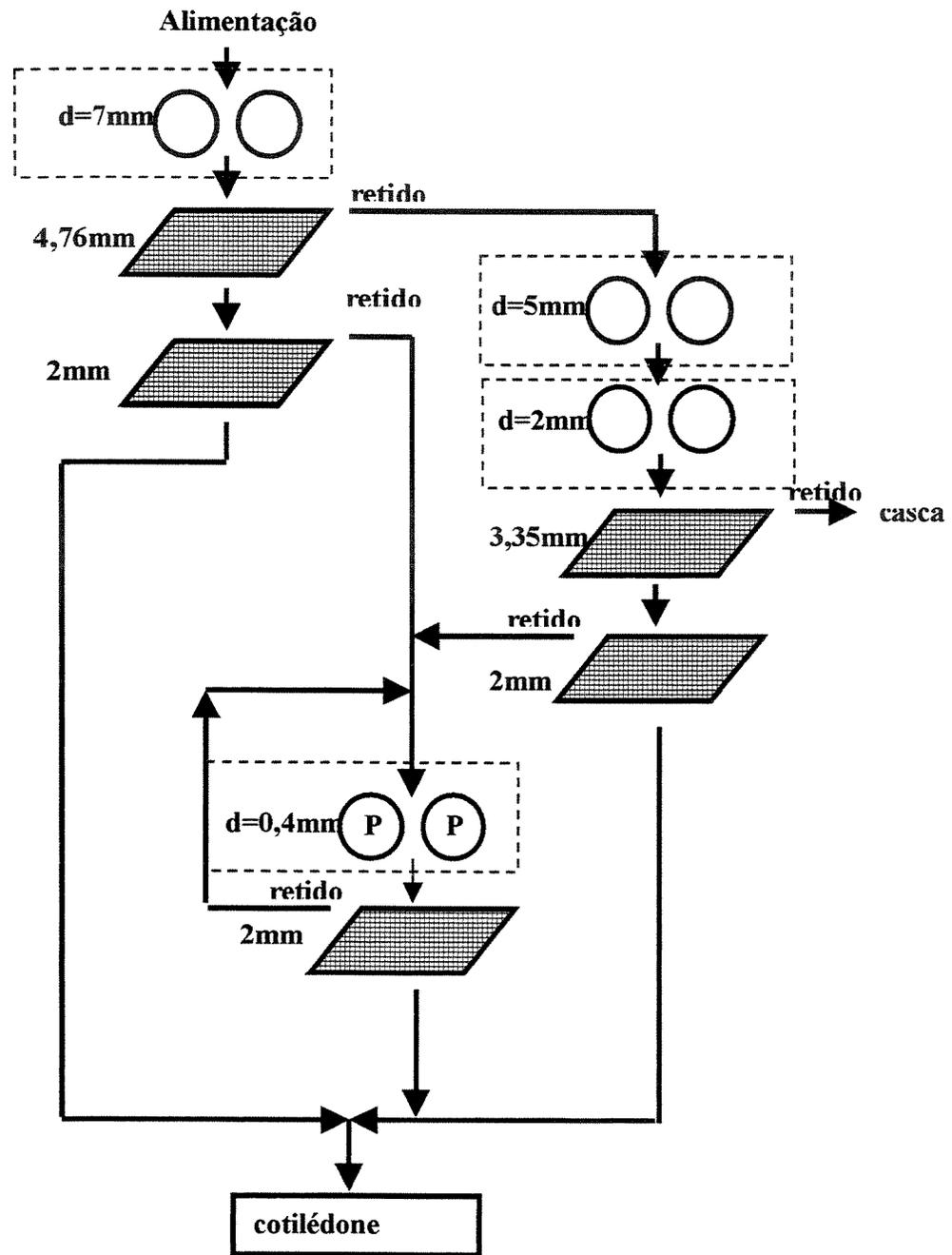
$$\alpha = (2^n)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1,41$$

Tabela 5 – Modelo do planejamento experimental a ser realizado durante a torração no forno de microondas

Teste	Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes	
	Codificadas		Real		Análise Sensorial	Concentração das Pirazinas
	Tempo (min)	Temperatura do produto (°C)	Tempo (min)	Temperatura do produto (°C)		
M1	-1	-1	12	105		
M2	+1	-1	16	105		
M3	-1	+1	12	115		
M4	+1	+1	16	115		
M5	-1,41	0	11	110		
M6	+1,41	0	17	110		
M7	0	-1,41	14	103		
M8	0	+1,41	14	117		
M9	0	0	14	110		
M10	0	0	14	110		
M11	0	0	14	110		

4.2.3 Obtenção do líquido de cupuaçu

As amêndoas torradas foram quebradas segundo uma metodologia proposta por Vilalba (2002) em seu trabalho de mestrado desenvolvido paralelamente ao presente trabalho. A quebra foi feita utilizando um descascador de arroz adaptado, no qual pode-se variar a velocidade dos rolos e a distância entre os mesmos. A separação da testa (ou casca), do germen e do cotilédone, por sua vez, foi realizada com o auxílio de peneiras de diferentes aberturas. O fluxograma da Figura 6 ilustra esse procedimento.



Legenda:

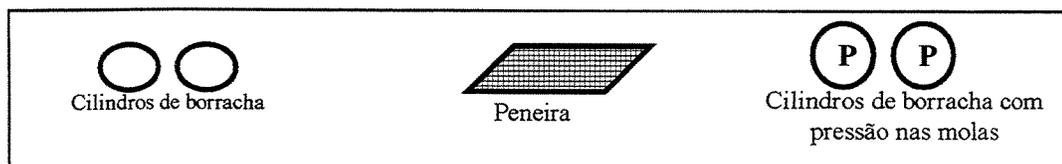


Figura 6 – Fluxograma de quebra das amêndoas de cupuaçu

Os “nibs”, obtidos na etapa de quebra, foram moídos em moinho de rolos estriados de cobre sem resfriamento para uma primeira diminuição da granulometria do material. Em seguida, as amostras foram finamente refinadas em moinho com três cilindros resfriados para obtenção do líquido de cupuaçu.

4.2.4 Caracterização Físico-química das Amêndoas de Cupuaçu

Foram realizadas as análises abaixo relacionadas tanto nas amêndoas secas como nas torradas (na forma de líquido). As amêndoas fermentadas e secas, quebradas e decorticadas, foram moídas em moinho IKA munido de sistema de refrigeração (água a temperatura ambiente). As amêndoas torradas foram analisadas na forma de líquido.

- Teor de Umidade: o método oficial da AOAC – 931.04 (1997) foi utilizado para calibração do analisador de umidade a microondas CEM – modelo SMART 5, no qual as amostras foram analisadas.
- Teor de Cinzas - Método 31.1.04 da AOAC (1997);
- Teor de Gordura - Método 31.4.02 da AOAC (1997);
- Teor de Proteínas - Método 31.1.08 da AOAC (1997).

4.2.5 Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de alquilpirazinas

4.2.5.1 *Extração dos voláteis*

A extração dos voláteis foi feita utilizando a técnica de micro extração em fase sólida (SPME) nas seguintes condições:

- Fibra utilizada: Carboxen
- Temperatura de extração: 45 °C
- Volume do frasco com tampa de plástico e septo de teflon: 16 mL
- Volume de solução saturada: 5 mL
- Massa de amostra: 1,0 g (\pm 0,005 g)
- Velocidade de agitação: 1200 rpm
- Tempo de pré-equilíbrio: 5 min
- Tempo de equilíbrio: 45 min

Foram pesados em balança analítica marca Boeco (Germany) 1,0 g de líquido de cupuaçu. Após pesagem, em um frasco de 16 mL com tampa de plástico e septo de silicone/teflon (18 mm de diâmetro) marca Wheaton (Millville-USA), foi adicionada à amostra 5 mL de solução saturada de NaCl e o frasco colocado em banho-maria à temperatura de 45 °C, sob agitação a 1200 rpm durante 5 min até que o equilíbrio entre a fase aquosa e o "headspace" fosse estabelecido. Após este tempo, um "holder" de SPME contendo um fibra de Carboxen foi introduzido no frasco e a fibra exposta no "headspace" da amostra por 45 min. Após este tempo de extração dos compostos, a fibra foi recolhida para posterior etapa de separação e quantificação das pirazinas por cromatografia gasosa. Um esquema do processo de extração pode ser visto na Figura 7.

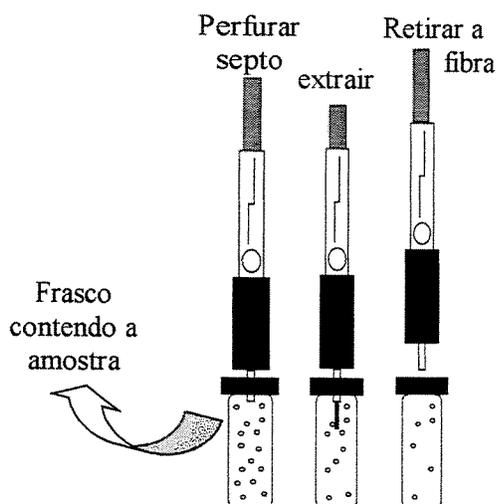


Figura 7: Esquema SPME para o processo de extração dos analitos para análise por CG

4.2.5.2 Separação, concentração, identificação e quantificação de alquilpirazinas por CG

Os compostos voláteis (analitos) extraídos por SPME foram analisados num cromatógrafo a gás marca Agilent, modelo 6890 com detector por emissão atômica marca Agilent, modelo G2350A. Para isso, o "holder" foi introduzido no injetor do cromatógrafo com nova exposição da fibra no injetor do aparelho para dessorção dos analitos da fibra. Um esquema desse processo apresenta-se ilustrado na Figura 8.

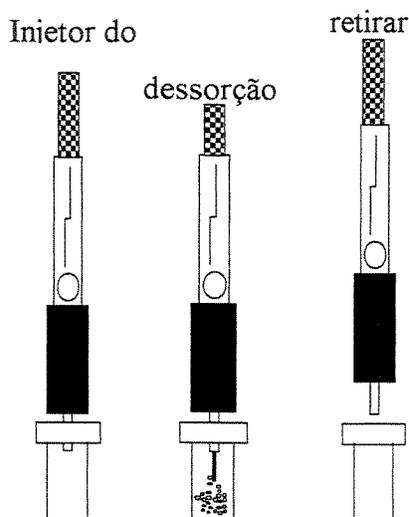


Figura 8 – Esquema de injeção do analítico no cromatógrafo.

As condições de operação utilizadas foram as seguintes:

- Leituras feitas na linha de emissão: N 388a nm
- Coluna: Carbowax 20M, 25 m, 320 μ m de diâmetro interno, 0,3 μ m de espessura do filme

-
- Temperatura do injetor: 230 °C
 - Vazão da coluna: 1,8 mL min⁻¹
 - Injeção no modo splitless por 1min a uma vazão de 150 mL min⁻¹
 - Programação do forno: 50 °C $\xrightarrow{5\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}}$ 90 °C $\xrightarrow{15\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}}$ 200 °C (2min)
 - Temperatura da cavidade e da linha de transferência: 230 °C
 - Pressão do He de sustentação do plasma: 30 psi
 - Pressão de He na cavidade: 3,0 psi
 - Pressão H₂: 30 psi
 - Pressão O₂: 70 psi
 - Pressão CH₄: 50 psi

As quantificações das pirazinas nas amostras de líquido de cupuaçu foram feitas através de curvas de adição padrão. Foram adicionados às amostras 1 x 5 µL, 2 x 10 µL, 3 x 10 µL, 4 x 10 µL e 5 x 10 µL de soluções de pirazinas com concentrações variando entre 120 e 1700 µg mL⁻¹, além da análise das amostras puras.

4.2.6 Análise Sensorial

As amostras de liquor de cupuaçu dos 11 ensaios de torração por microondas e dos 3 ensaios de torração convencional foram avaliadas sensorialmente através do teste de aceitação.

A formulação das amostras seguiu a metodologia proposta por Meursing (1998) e modificada por Lopes (2000) descrita a seguir: pesaram-se 16g de liquor de cupuaçu, 12g de leite em pó desnatado e 12g de açúcar refinado; adicionou-se 100ml de água quente e misturou-se em liquidificador por 2 minutos e, em seguida, mais 100ml de água quente por mais 2 minutos. As amostras foram servidas em cálices tipo tulipa, codificados com três dígitos, a 50°C.

O teste de aceitação das 14 amostras (11 ensaios de microondas e 3 convencionais) foi realizado com uma equipe de 30 provadores não treinados, representativos do consumidor, utilizando uma ficha com escala hedônica não estruturada de 9 pontos (Anexo 2).

A avaliação das amostras foi realizada em cabines individuais com luz branca no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. As 14 amostras foram apresentadas aos provadores em blocos completos casualizados, de forma monádica seqüencial, sendo apresentadas duas por sessão. Cada provador realizou um total de 7 sessões.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com fontes de variação (provador, amostra), teste de Tukey utilizando o programa SAS® (Statistical Analytical System) e análise de histogramas da frequência da distribuição das notas dadas pelos

provedores, em função da escala utilizada. As médias dos três atributos dos 11 ensaios do planejamento fatorial para torração em microondas foram analisadas pela Metodologia de Superfície de Resposta utilizando o programa Statistica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amêndoas de cupuaçu, antes de serem torradas pelos métodos propostos no trabalho, passaram por uma etapa de caracterização onde foram avaliadas a qualidade da fermentação realizada e a composição física e química das mesmas. Em seguida, foram realizados os processos de torração em forno elétrico convencional e em forno de microondas, ambos em escala de bancada. As amêndoas torradas foram descascadas e degerminadas e o cotilédone obtido foi moído dando origem ao líquido de cupuaçu. Foram realizadas análises de pirazinas e teste de aceitação sensorial no líquido de todas os ensaios realizados. A composição química das amêndoas torradas foi realizada apenas nos melhores resultados dos dois processos propostos.

5.1.1 Caracterização da Matéria Prima

Os valores médios de cotilédone, testa e gérmen das amêndoas de cupuaçu referentes aos 3 lotes fermentados para esse trabalho encontram-se na Tabela 6. Os valores estão de acordo aos encontrados anteriormente por Queiroz (1999) e Lopes (2000).

Tabela 6 – Composição física das amêndoas de cupuaçu

Lote	Componentes		
	Testa (%)	Gérmen (%)	Cotilédone(%)
F1	26,17	0,64	73,19
F2	26,91	0,53	72,56
F3	27,62	0,69	71,69

5.1.1.1 *Classificação das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas*

Os resultados para a prova de corte realizada com as amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas estão apresentados na Tabela 7. De acordo com os resultados, o melhor processo de fermentação foi referente ao lote F2, apresentando um maior número de amêndoas bem fermentadas (86,67%) com relação aos outros dois lotes (F1 e F3), além de apresentar melhores características típicas de uma fermentação bem conduzida. De acordo com a Resolução nº 42 do CONCEX (1968), cada defeito isoladamente não deve ultrapassar 2% e a soma dos defeitos 6%. Portanto, as amêndoas de cupuaçu do lote F2 podem ser classificadas como do Tipo I (qualidade superior), pois os dados enquadram-se dentro da especificação requerida. Cabe registrar também, que as amêndoas de todos os lotes apresentaram aroma agradável, típico de uma boa fermentação e secagem e livres de odores estranhos.

Logo, através dessa análise, escolheu-se o lote F2 para realização de todos os experimentos de torração conduzidos ao longo deste trabalho.

Tabela 7 – Resultados da prova de corte para as amêndoas de cupuaçu

Lote	BF	MF	quebradas	chochas
F1	57,00	33,00	8,00	2,00
F2	86,67	10,00	1,33	2,00
F3	82,33	7,00	8,00	2,67

BF:bem fermentadas; MF:mal fermentadas

5.1.1.2 *Composição centesimal das amêndoas fermentadas e secas*

A composição centesimal das amêndoas fermentadas e secas está apresentada na

Tabela 8.

Tabela 8 – Composição centesimal, em base seca, das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas (CFS).

Composição	%
Umidade**	3,78
Cinzas	2,28
Proteína	10,39
Gordura	59,27
*Carboidratos	28,06

* Calculado por diferença e engloba outros compostos como taninos, alcalóides, etc.

** Valor expresso em base úmida

Os valores encontrados para a composição centesimal das sementes de cupuaçu fermentadas e secas apresentaram-se semelhantes aos encontrados por Lopes (2000), Mattiello (2001) e Queiroz (1999). A percentagem de gordura encontrada por esses autores foi em torno de 60%. Enquanto a percentagem de proteína (em base seca) encontrada pelos autores foi de 9,8, 9,8 e 8,1, respectivamente.

5.2 Torração Convencional das Amêndoas de Cupuaçu

A temperatura da camisa do forno elétrico utilizado para o processo de torração de amêndoas inteiras de cupuaçu foi fixada em 150°C. O perfil da temperatura média de cada ensaio apresentou-se semelhante para todos os ensaios, como pode ser visto na Figura 10. No início do processo, nota-se uma queda da temperatura para em torno de 50°C, causada pela alimentação do produto na cavidade do forno. A temperatura média máxima atingida foi 149,2°C no final do processo de 55 minutos.

Para todos os tempos de torração, a inclinação da subida de temperatura foi mais acentuada até próximo de 120°C, em aproximadamente 9 minutos. Numa segunda etapa, a elevação da temperatura apresenta-se mais tênue até o final no processo.

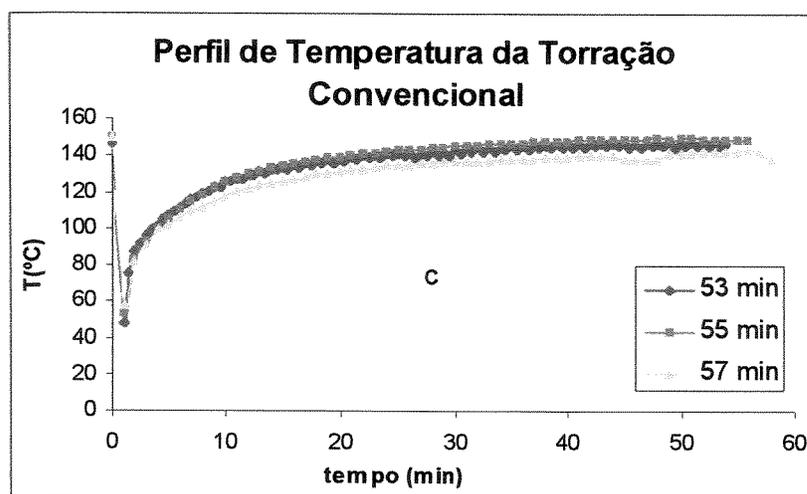


Figura 10 – Perfil médio de temperatura no interior da cavidade do forno elétrico rotativo durante os ensaios de torração convencional

5.2.1 Análise Sensorial

As bebidas formuladas a partir de amêndoas de cupuaçu torradas, em forno convencional, em tempos diferentes, foram submetidas ao teste de aceitação (item 4.2.7), no qual foram avaliados os atributos: cor, aroma, sabor e impressão global (imp. gl.). A Tabela 9 mostra as médias obtidas pelos atributos sensoriais no teste de aceitação e o resultado do teste de Tukey aplicado.

Tabela 9 – Média das notas dadas pelo provadores para os atributos avaliados para as amêndoas de cupuaçu torradas convencionalmente

Tempo de torração (min)	Atributos Sensoriais			
	COR	AROMA	SABOR	IMP. GL.
53	7,4 ^a	6,7 ^a	6,9 ^a	7,0 ^a
55	7,5 ^a	6,7 ^a	6,4 ^a	6,6 ^a
57	7,2 ^a	7,0 ^a	6,8 ^a	6,8 ^a

Numa mesma coluna, valores seguidos de letras iguais não diferem significativamente a 5% de confiança, pelo teste de Tukey.

Pela Tabela 9, observa-se que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre os diferentes tempos de torração para os valores médios de nenhum dos quatro atributos avaliados. Entretanto, através dos histogramas de frequência (Figuras 11, 12, 13 e 14), verifica-se a distribuição das notas atribuídas pelos provadores em relação aos atributos avaliados e pode-se analisar melhor os resultados.

Para cor (Figura 11), 90% dos provadores atribuíram notas superiores a 6 para a amostra torrada durante 53 minutos, indicando que eles gostaram de moderadamente (nota 7) até extremamente (nota 9). Esse valor sobe para 93,3% para a amostra de 55 minutos e cai para 80% para a amostra de 57 minutos. Para a amostra de 53 minutos, 40% dos provadores atribuíram nota máxima (9) e 3,3% dos provadores deram nota mínima 5. A amostra torrada por 55 minutos, recebeu nota máxima de 33,3% dos provadores e nota mínima 6 de 6,7% dos provadores. Já a amostra processada por 57 minutos recebeu nota 9 de 23,3% dos provadores e nota mínima (3) de 3,3% dos provadores.

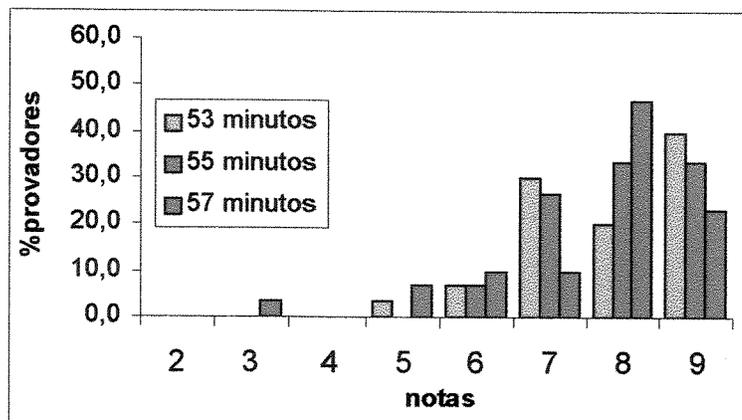


Figura 11 – Histograma de frequência de notas para o atributo cor

Para o atributo aroma (Figura 12), 73,3% dos provadores atribuíram notas acima de 6 para as amostras de 53 e 55 minutos e para a amostra de 57 minutos esse valor foi de 76,7%. Para a amostra de 53 minutos, 16,7% deram nota máxima 9 e 3,3% deram mínima 4. Para a amostra de 55 minutos, 10% dos provadores atribuíram nota 9 e 13,3% nota mínima 5. Para a amostra de 57 minutos, 13,3% dos provadores atribuíram nota 9 e 3,3% nota mínima 4.

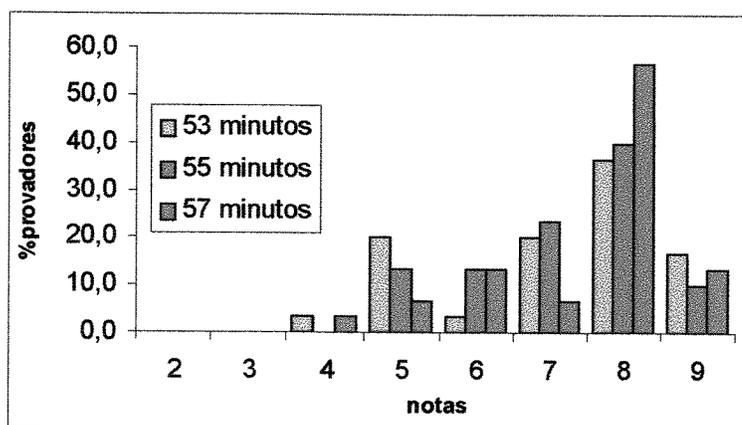


Figura 12 – Histograma de frequência de notas para o atributo aroma

Com relação ao sabor (Figura 13), 73,3% atribuíram notas acima de 6 para a amostra torrada durante 53 minutos. Para as amostras processadas por 55 e 57 minutos, esses

valores registraram-se em 66,7% e 76,7% dos provadores. A porcentagem de provadores que gostaram extremamente (nota 9) das amostras de 53 e 57 minutos foi de 16,7%. Entretanto, as menores notas recebidas por essas amostras, foram 4 (3,3% dos provadores) e 2 (3,3% dos provadores), respectivamente. Para a amostra de 55 minutos, 10% acharam a amostra extremamente boa (nota 9) e 6,7% desgostaram moderadamente (nota 3).

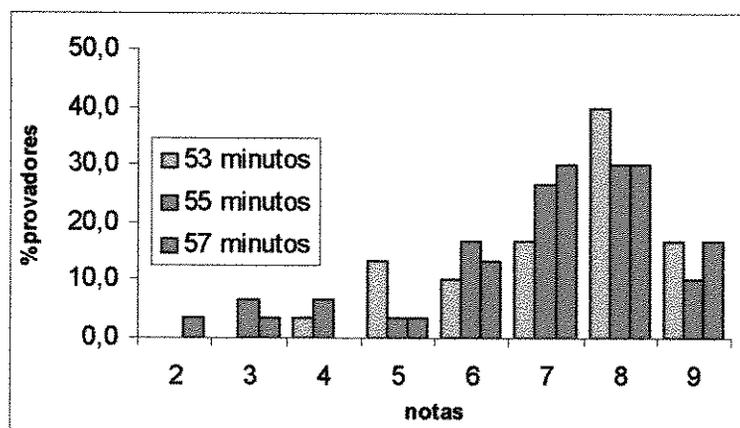


Figura 13 – Histograma de frequência de notas para o atributo sabor

O atributo impressão global (Figura 14) recebeu nota acima de 6 de 80%, 73,3% e 76,7% dos provadores para as amostras de 53, 55 e 57 minutos, respectivamente. Esse atributo recebeu nota 9 de 16,7%, 3,3% e 10% dos provadores para as amostras torradas durante 53, 55 e 57 minutos, respectivamente. As menores notas atribuídas pelos provadores foram 5 (10% dos provadores), 4 (3,3% dos provadores) e 3 (3,3% dos provadores) para as amostras torradas a 53, 55 e 57 minutos, respectivamente.

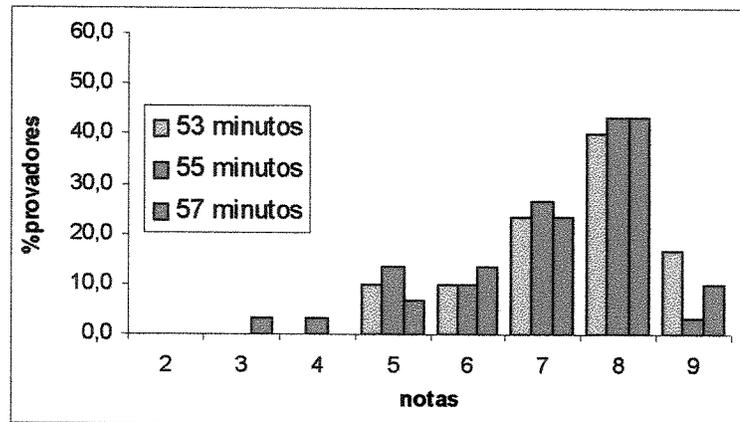


Figura 14 – Histograma de frequência de notas para o atributo impressão global

Lopes (2000) observou, através da análise sensorial, que amêndoas de cupuaçu torradas convencionalmente por 40, 45, 50 e 55 minutos, nas mesmas condições de temperatura do presente trabalho, não apresentaram diferença significativa entre si para o atributo aroma global a 95% de confiança. Para sabor, apenas as amostras torradas por 40 e 55 minutos apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$). Entretanto, foi observado um aumento na intensidade do sabor com o aumento da temperatura e o valor médio máximo encontrado foi 7,26 para a amostra torrada a 55 minutos.

O processo de torração das amêndoas de cupuaçu é uma importante etapa para a formação de compostos responsáveis pela cor, aroma e sabor das amêndoas torradas, que constituirão, após processamento, o liquor de cupuaçu. Nas condições de torração em forno convencional, estudadas no presente trabalho, verificou-se que não houve diferença significativa entre as médias dos atributos estudados e o perfil sensorial entre as amostras apresentou-se muito semelhante. Realizando a torração em um menor tempo (53 minutos) obtém-se um produto com características sensoriais semelhantes às de um produto submetido a um maior tempo de torração. Portanto, analisando pelo ponto de vista de economia

de tempo e energia de processo, a torração realizada por 53 minutos apresenta um melhor resultado dentre as demais.

5.2.2 Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de alquilpirazinas

Pela semelhança das amêndoas de cupuaçu e cacau, foram estudadas as principais alquilpirazinas encontradas no cacau na massa de cupuaçu torrada por 53, 55 e 57 minutos (liquor) a 150°C na camisa do equipamento. Esses compostos aromáticos foram extraídos e concentrados por SPME e identificados e quantificados por cromatografia gasosa. Como pode ser observado na Figura 15, as condições cromatográficas utilizadas permitiram boa separação e identificação das sete alquilpirazinas estudadas dos compostos aromáticos em questão.

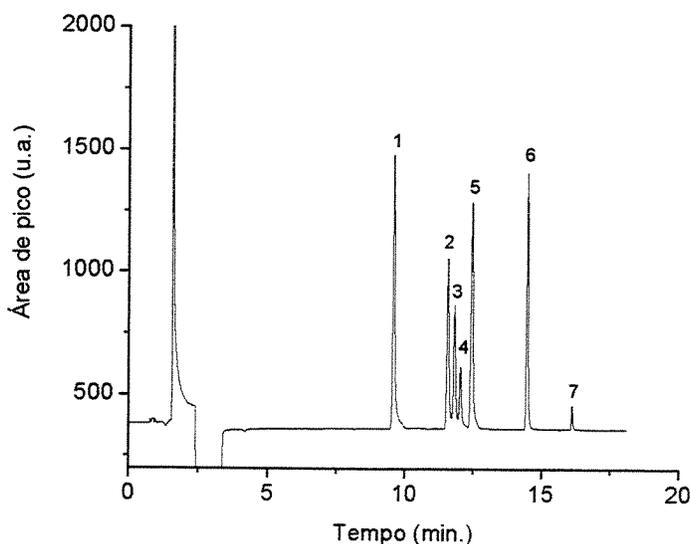


Figura 15: Cromatograma das alquilpirazinas estudadas no liquor de cupuaçu da amostra de 53 minutos. Identificação dos picos: 1. 2-Metil-pirazina ($t_R = 10,185$ min); 2. 2,5-Dimetil-pirazina ($t_R = 12,218$ min); 3. 2,6-Dimetil-pirazina ($t_R = 12,446$ min); 4. Etil-pirazina ($t_R = 12,688$ min); 5. 2,3-Dimetil-pirazina ($t_R = 13,119$ min); 6. 2,3,5-Trimetil-pirazina ($t_R = 14,984$ min) e 7. Tetrametil-pirazina ($t_R = 16,535$ min).

A Tabela 10 apresenta as concentrações médias e seus respectivos desvios das sete alquilpirazinas analisadas para a amostra de cupuaçu fermentada e seca (CFS) e para as amostras torradas em forno convencional durante 53, 55 e 57 minutos. A Figura 16 mostra o perfil da evolução da concentração destes compostos aromáticos, de acordo com o tempo de torração de amêndoas de cupuaçu em forno convencional a 150°C na camisa do torrador.

Tabela 10 - Concentração das pirazinas nas amostras de cupuaçu torradas em forno convencional a 150°C.

Tempo de torração	Concentração $\mu\text{g kg}^{-1}$						
	2-Metil-	2,5-Dimetil	2,6-Dimetil	Etil	2,3-Dimetil	2,3,5-Tri	2,3,5,6Tetra
CFS	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	257±9	182±8
53min	2126±94	2504±21	1218±120	468±44	5322±417	15611±1445	10511±1042
55min	2344±144	2672±116	1299±88	534±52	5910±158	17843±497	6908±61
57min	240±9	334±23	162±5	82±1,5	788±21	1772±45	375±29

*: não detectado

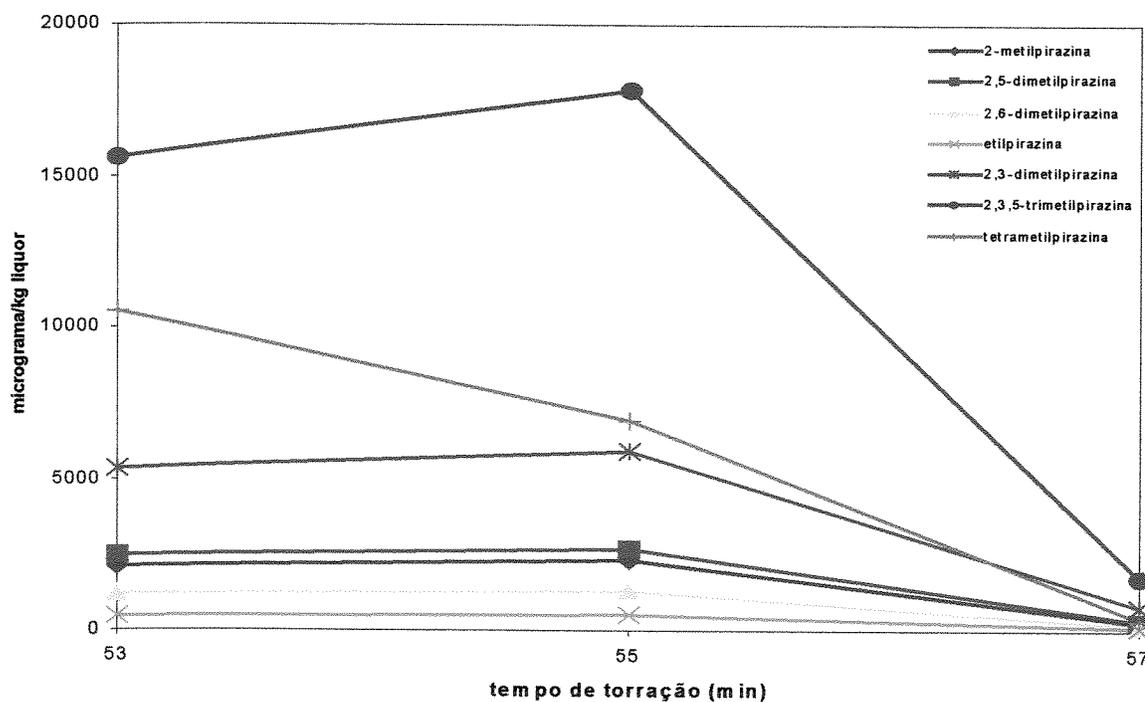


Figura 16 – Perfil da evolução das metil pirazinas durante o processo de torração convencional em amêndoas de cupuaçu

De maneira geral, observa-se, pela Tabela 10 e Figura 16 anteriores, que as concentrações dos compostos aumentam de 53 minutos até 55 minutos de processo e em seguida sofrem queda, com exceção da concentração da tetrametil pirazina. Essa última apresenta-se em concentração mais alta no processo de menor tempo (53 minutos) e, com o aumento do tempo de torração, diminui. O comportamento geral das pirazinas indica que elas são formadas pela reação de Maillard até um certo tempo e temperatura de processo e em seguida começam a se volatilizar, provavelmente com o aumento do tempo de exposição a altas temperaturas. Na amostra crua (CFS) foram detectadas apenas a 2,3,5-trimetilpirazina e a 2,3,5,6-tetrametilpirazina.

A trimetilpirazina é a que se apresenta em maiores concentrações para todas as amostras, inclusive a amostra crua. É também o composto que apresenta queda de concentração mais acentuada depois de 55 minutos de processo. Em seguida, em termos de concentração, vem a tetrametilpirazina para as amostras de 53 e 55 minutos. No ensaio de 57 minutos, a concentração de tetrametilpirazina foi inferior à concentração da 2,3-dimetilpirazina.

A etilpirazina e a 2,6-dimetilpirazina foram as que apresentaram menores concentrações dentre as demais, apresentando perfil de concentração constante de 53 a 55 minutos de torração e um leve declínio de 55 a 57 minutos de processo.

A 2-metilpirazina e a 2,5-dimetilpirazina apresentaram concentrações próximas e perfil

de evolução bem semelhante. O valor de suas concentrações aumentou suavemente de 53 a 55 minutos e caiu mais acentuadamente em 57 minutos de torração.

Queiroz (1999) torrou amêndoas inteiras de cupuaçu a 150°C em forno convencional nos tempos de 38, 40, 42, 44 e 50 minutos. O perfil da evolução dos compostos aromáticos de 44 a 50 minutos de torração obtidos pela autora apresenta queda nesse intervalo e a concentração de tetrametilpirazina é superior às demais pirazinas, seguida da trimetil. O perfil da evolução das pirazinas, mostrado na Figura 16, vem indicar que nas condições de tempo estudadas neste trabalho (superiores aos da autora), as pirazinas podem não estar mais sendo formadas com a mesma intensidade que em tempos inferiores, começando a se perder por volatilização. Isto devido às taxas de crescimento apresentarem-se bem mais tênues que as de queda, com exceção da 2,3,5,6-tetrametilpirazina

Com relação à diminuição da concentração da 2,3,5,6-tetrametilpirazina em relação à concentração da 2,3,5-trimetilpirazina encontrada no presente trabalho, pode-se supor que, nos tempos de processamento estudados no presente trabalho, a taxa de volatilização da tetrametil seja maior que a taxa da trimetil e/ou que haja “degradação” da tetrametilpirazina a trimetilpirazina. Entretanto, esses dados encontrados não são conclusivos, sendo necessário um maior aprofundamento do comportamento das alquilpirazinas (em especial dessas duas em discussão) durante a fase de queda das mesmas no final do processo de torração.

5.2.3 Composição físico-química das amêndoas torradas

Foi escolhido o ensaio de torração por 53 minutos em forno elétrico convencional, baseado na discussão da análise sensorial (item 5.1.1), por ser o processo de menor

tempo para analisar a composição centesimal das amêndoas torradas convencionalmente. A composição centesimal do mesmo encontra-se na Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 – Composição química das amêndoas de cupuaçu torradas convencionalmente por 53 minutos.

Composição	Concentração (%)
Umidade**	1,70
Cinzas	2,37
Proteína	10,19
Gordura	63,28
Carboidratos*	24,16

* Calculado por diferença e engloba outros compostos como taninos, alcalóides, etc.

**valor expresso em base úmida

Comparados aos resultados encontrados para as amêndoas fermentadas e secas, nota-se que houve um decréscimo no valor da umidade das amêndoas até 1,70%. A porcentagem de proteínas apresentou também um leve decréscimo e a porcentagem de gordura apresentou um aumento de 4%.

5.3 Torração por Microondas das Amêndoas de Cupuaçu

O perfil de temperatura média dos 11 ensaios do planejamento experimental de torração das amêndoas de cupuaçu (Tabela 5 – item 4.2.3.2) foi determinado através do acompanhamento da temperatura de uma amêndoa acoplada num sensor de fibra ótica. A amêndoa foi escolhida no lote de 250g de acordo com o tamanho, para que encaixasse no suporte do sensor. Dessa maneira, as amêndoas utilizadas para cada repetição dos ensaios apresentaram-se semelhantes com relação ao tamanho.

Os gráficos com os perfis de temperatura apresentam-se na Figura 17. Primeiro apresentam-se os ensaios realizados nas condições dos pontos fatoriais (M1, M2, M3 e M4), em segundo estão as repetições dos pontos centrais (M9, M10 e M11) e, por fim, os ensaios realizados nas condições dos pontos axiais (M5, M6, M7 e M8).

Observa-se que o tempo de rampa para todos os ensaios foi de 5 a 6 minutos, dependendo da temperatura máxima estabelecida para cada ensaio, utilizando 80% da potência máxima. Na segunda etapa, de temperatura constante, utilizou-se 60% da potência máxima, o que permitiu manter melhor a constância da temperatura estipulada, que pode ser visualizada nos gráficos da Figura 17. A diminuição da porcentagem de potência utilizada, após ser atingida a temperatura de processo, foi empregada para diminuir a oscilação da temperatura em torno do valor programado, visando uma melhoria na torração das amêndoas de cupuaçu.

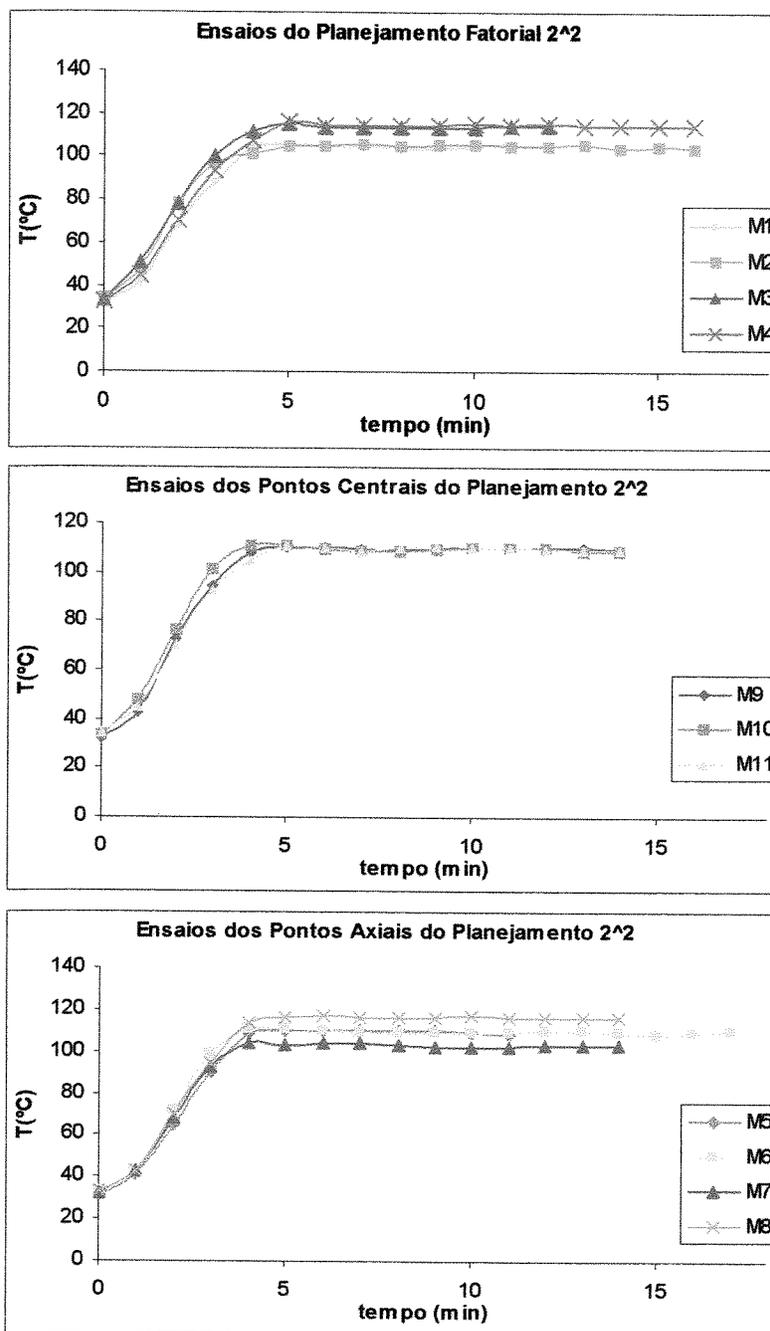


Figura 17 – Perfil médio de temperaturas no interior de uma amêndoa durante os ensaios de torração por microondas

5.3.1 Análise Sensorial

As amostras torradas em forno de microondas, de acordo com as condições estabelecidas pelo planejamento experimental, foram submetidas ao teste de aceitação sensorial, no qual foram avaliados os atributos cor, aroma, sabor e impressão global (imp. gl.). As médias dos resultados obtidos para os quatro atributos avaliados e o teste de Tukey aplicado encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Médias de aceitação dos provadores em relação à cor, aroma, sabor e imp. gl. para as os ensaios do planejamento experimental da torração por microondas

Testes	Variáveis Independentes		RESPOSTAS			
	Tempo de tratamento (min)	Temperatura do produto (°C)	Atributos Sensoriais			
			Cor	Aroma	Sabor	Imp. Gl.
M1	12	105	6.90 ^b	6.66 ^a	6.31 ^{bc}	6.50 ^{ab}
M2	16	105	7.01 ^{ab}	6.99 ^a	6.02 ^c	6.32 ^b
M3	12	115	7.35 ^{ab}	6.68 ^a	6.85 ^{abc}	6.93 ^{ab}
M4	16	115	7.44 ^{ab}	6.93 ^a	6.80 ^{abc}	6.83 ^{ab}
M5	11	110	7.54 ^{ab}	6.94 ^a	7.25 ^{ab}	7.02 ^{ab}
M6	17	110	6.92 ^b	7.01 ^a	6.83 ^{abc}	6.75 ^{ab}
M7	14	103	7.15 ^{ab}	7.08 ^a	6.63 ^{abc}	6.81 ^{ab}
M8	14	117	7.15 ^{ab}	6.99 ^a	7.08 ^{ab}	7.03 ^{ab}
M9	14	110	7.37 ^{ab}	6.84 ^a	7.32 ^a	7.09 ^{ab}
M10	14	110	7.42 ^{ab}	7.22 ^a	7.19 ^{ab}	7.18 ^a
M11	14	110	7.66 ^a	7.09 ^a	7.28 ^a	7.28 ^a

Os valores acompanhados de letras iguais, numa mesma coluna, não diferem significativamente a 5% de confiança

Pela Tabela 12, em relação ao atributo cor, observa-se que apenas os ensaios M1 e M6 apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) em relação ao ensaio M11. A menor nota dada

para cor foi de 6,90 para o ensaio M1 ($T=105^{\circ}\text{C}$ e $t=12$ min) e a maior nota foi de 7,66 para o ensaio M11 ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=14$ min). Com relação ao atributo aroma, as notas dos ensaios não diferiram significativamente entre si a 95% de confiança. Os valores das notas variaram de 6,66 a 7,22, referentes aos ensaios M1 ($T=105^{\circ}\text{C}$ e $t=12$ min) e M10 ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=14$ min), respectivamente. A maior nota atribuída pelos provadores para sabor foi de 7,32 para o ensaio M9 ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=14$ min) e a menor nota foi de 6,02 para o ensaio M2 ($T=105^{\circ}\text{C}$ e $t=16$ min). Para o atributo impressão global, o ensaio M11 recebeu nota máxima (7,28), seguido dos ensaios M10 (7,18) e M9 (7,09). A menor nota recebida foi de 6,32 para o ensaio M2. Para todos os atributos, os ensaios referentes às repetições do ponto central (M9, M10 e M11) não apresentaram diferenças estatísticas significantes a 5% e, portanto, pode-se dizer que o processo é reprodutível baseado nas respostas sensoriais.

Os efeitos das variáveis independentes (tempo e temperatura) sobre os atributos avaliados no teste de aceitação da bebida formulada a partir do licor de amêndoas de cupuaçu torradas por microondas encontram-se na Tabela 13.

As interações lineares e quadráticas das variáveis tempo e temperatura não apresentaram diferença significativa a 95% de confiança para os atributos cor e aroma, indicando que essas duas variáveis não exercem influência no desenvolvimento de cor e aroma dentro da faixa estudada. Para o sabor, o parâmetro de interação binário entre as variáveis tempo e temperatura ($T*t$) não apresentou diferença estatística ($p>0,05$). Entretanto, os demais parâmetros, embora sejam estatisticamente significativos, apresentaram efeitos muito pequenos em relação à média (7,27), variando, em módulo, de 0,28 a 0,64 no máximo. O mesmo ocorre com o atributo impressão global. Aliado a isso, os valores dos

coeficientes de determinação (R^2) de todas as respostas apresentaram-se muito inferiores a 1. O maior valor desse parâmetro foi de 0,74 para o atributo sabor. Portanto, pode-se afirmar que as variáveis exercem pouca influência na aceitação sensorial do produto para o intervalo de tempo e temperatura de torração estudado.

Tabela 13 – Estimativa dos efeitos para os atributos da análise sensorial

Variáveis dependentes	Fator	Efeito	Desvio padrão	t(2)	p
Cor	Média	7,48	0,09	83,10	0,00*
	T (L)	-0,16	0,11	-1,47	0,28
	T (Q)	-0,30	0,13	-2,26	0,15
	Tempo (L)	0,24	0,11	2,14	0,17
	Tempo (Q)	-0,35	0,13	-2,64	0,12
	T*t	0,00	0,16	0,00	1,00
Aroma	Média	7,05	0,11	62,53	0,00*
	T (L)	0,16	0,14	1,16	0,36
	T (Q)	-0,19	0,16	-1,13	0,38
	tempo (L)	-0,06	0,14	-0,44	0,70
	tempo (Q)	-0,09	0,16	-0,52	0,66
	T*t	-0,05	0,20	-0,26	0,82
Sabor	Média*	7,27*	0,04*	177,52*	0,00*
	T (L)	-0,28	0,05	-5,52	0,03*
	T (Q)	-0,44	0,06	-7,39	0,02*
	tempo (L)	0,53	0,05	10,51	0,01*
	tempo (Q)	-0,64	0,06	-10,75	0,01*
	T*t	0,10	0,07	1,41	0,29
Impressão Global	Média*	7,18	0,05	132,14	0,00*
	T (L)	-0,18	0,07	-2,72	0,11
	T (Q)	-0,46	0,08	-5,79	0,03*
	tempo (L)	0,30	0,07	4,44	0,05*
	tempo (Q)	-0,41	0,08	-5,15	0,04*
	T*t	0,05	0,09	0,53	0,65

Entretanto, pelos histogramas mostrados nas Figuras (18, 19, 20 e 21) pode-se avaliar, dentre as amostras, quais obtiveram maior aceitação dos provadores quanto aos atributos analisados. A fim de facilitar essa análise dos dados, tomou-se a soma da

porcentagem de provadores que deram notas acima de seis, ou seja, que atribuíram notas 7, 8 e 9, indicando a porcentagem de provadores que gostaram de ligeiramente a extremamente da amostra.

Para o atributo cor (Figura 18), 73,3% dos provadores deram nota acima de seis para o ensaio M1. Essa mesma amostra recebeu nota mínima 4 de 3,3% dos provadores e nota máxima 9 de 26,7% dos provadores. As amostras dos ensaios M4, M7, M9 e M11 receberam notas acima de seis de 90% dos provadores. O ensaio M4 recebeu nota mínima 3 de 3,3% dos provadores e 43,3% dos provadores atribuíram nota máxima (9). A amostra do ensaio M7 recebeu nota mínima 5 de 6,7% dos provadores e nota 9 de 30% dos provadores. O ensaio M9 recebeu nota mínima 5 de 3,3% dos provadores e apenas 20% dos provadores deram nota 9. Por fim, o ensaio M11 recebeu nota mínima 5 de 3,3% dos provadores e nota máxima 9 de 40% dos provadores. Para a amostra do ensaio M5, 96,7% dos provadores atribuíram notas acima de seis e a nota mínima recebida foi 6 (3,3% dos provadores), referente a gostei ligeiramente. Portanto, com relação a esse atributo, a amostra mais aceita é a amostra do ensaio M5, seguida do ensaio M11.

Com relação ao aroma (Figura 19), o ensaio M1 apresentou a menor porcentagem de provadores que atribuíram notas acima de 6 (70% dos provadores). A amostra referente ao ensaio M10 apresentou o maior percentual (86,7% dos provadores) seguida do ensaio M7 com 83,3% dos provadores dando notas acima de 6. Para a amostra do ensaio M1, 3,3% dos provadores atribuíram nota mínima 4 e 6,7% atribuíram nota 9. O ensaio M10 recebeu nota mínima 5 de 10% dos provadores e nota máxima 9 de 26,7% dos provadores. Para o ensaio

M7, 3,3% dos provadores atribuíram nota 5 e 20% nota 9. Para o atributo aroma, o ensaio M10 apresenta maior aceitação dos provadores seguido do ensaio 7.

Para o atributo sabor (Figura 20), novamente a amostra M1 apresenta uma menor percentagem de provadores (60%) que atribuíram notas acima de 6. A amostra M11 apresentou 90% dos provadores atribuindo nota acima de 6 seguida das amostras M5 e M9 com 86,7% dos provadores. A nota mínima dada à amostra M1 foi 4 por 10% de provadores e o mesmo percentual de provadores atribuíram a nota máxima (9). Com relação a amostra M11, 10% dos provadores atribuíram nota 5, referente a desgostei ligeiramente, e 33,3% nota 9, referente a gostei extremamente. A amostra do ensaio M5 recebeu nota mínima 3 de 3,3% dos provadores e nota máxima de 40% dos provadores. A amostra M9 recebeu nota mínima 4 de 3,3% e máxima de 33,3% dos provadores. A amostra do ensaio M10 também apresentou uma boa distribuição de notas. 76,6% dos provadores atribuíram notas acima de seis e a nota mínima recebida por essa amostra foi 5 dada por 10% dos provadores e 23% deles atribuíram nota máxima. Com base nesses resultados, pode-se afirmar que as amostras dos ensaios M9, M10 e M11, que são as repetições do ponto central do planejamento fatorial completo, apresentaram melhor aceitabilidade com relação ao sabor comparadas às amostras dos demais ensaios.

Para o atributo impressão global (Figura 21), mais uma vez a amostra do ensaio M1 apresentou uma menor aceitação, com 53,3% dos provadores atribuindo notas acima de seis. Por outro lado, as amostras dos ensaios do ponto central (ensaios M9, M10 e M11) apresentaram um maior número de provadores que atribuíram notas acima de seis, 86,7% dos provadores. O ensaio M1 recebeu nota mínima 4 de 3,3% dos provadores e nota

máxima de apenas 6,7% dos provadores. O ensaio M9 recebeu nota mínima 5 de 6,7% dos provadores e nota máxima de 23,3%. Os ensaios M10 e M11 também receberam nota mínima 5 de 6,7% e 10% dos provadores, respectivamente. A nota máxima foi dada por 30% dos provadores para os dois ensaios.

Pela análise dos resultados feita acima, pode-se destacar a amostra do ensaio M1 ($T=105^{\circ}\text{C}$ e $t=12\text{min}$) como de menor aceitação sensorial. As condições desse ensaio encontram-se nos níveis inferiores (-1) de cada variável e, portanto, pode-se supor que não houve um suficiente desenvolvimento dos compostos aromáticos que proporcionam cor, sabor e aroma desejados na amostra, pois as amêndoas foram submetidas a condições de baixas temperaturas (105°C) e curto período de tempo. Por outro lado, os ensaios realizados nas condições centrais do planejamento (ensaios M9, M10 e M11) apresentaram melhor aceitação entre os provadores. Essas amostras obtiveram um bom desenvolvimento de cor, sabor e aroma, pois as condições de tempo e temperatura do processo foram suficientes para que as reações de formação dos compostos aromáticos ocorressem e foram insuficientes para ocorrência de sobre-torração do produto. A amostra do ensaio M5 ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=11\text{minutos}$) também merece destaque pela boa aceitação sensorial. É válido observar que as condições de torração da mesma são muito similares às do ponto central ($T=110^{\circ}\text{C}$ e $t=12\text{minutos}$), indicando que a 110°C e um tempo de exposição superior a 11 minutos os compostos de cor, aroma e sabor desejados no produto formam-se a contento no processo utilizando energia de microondas.

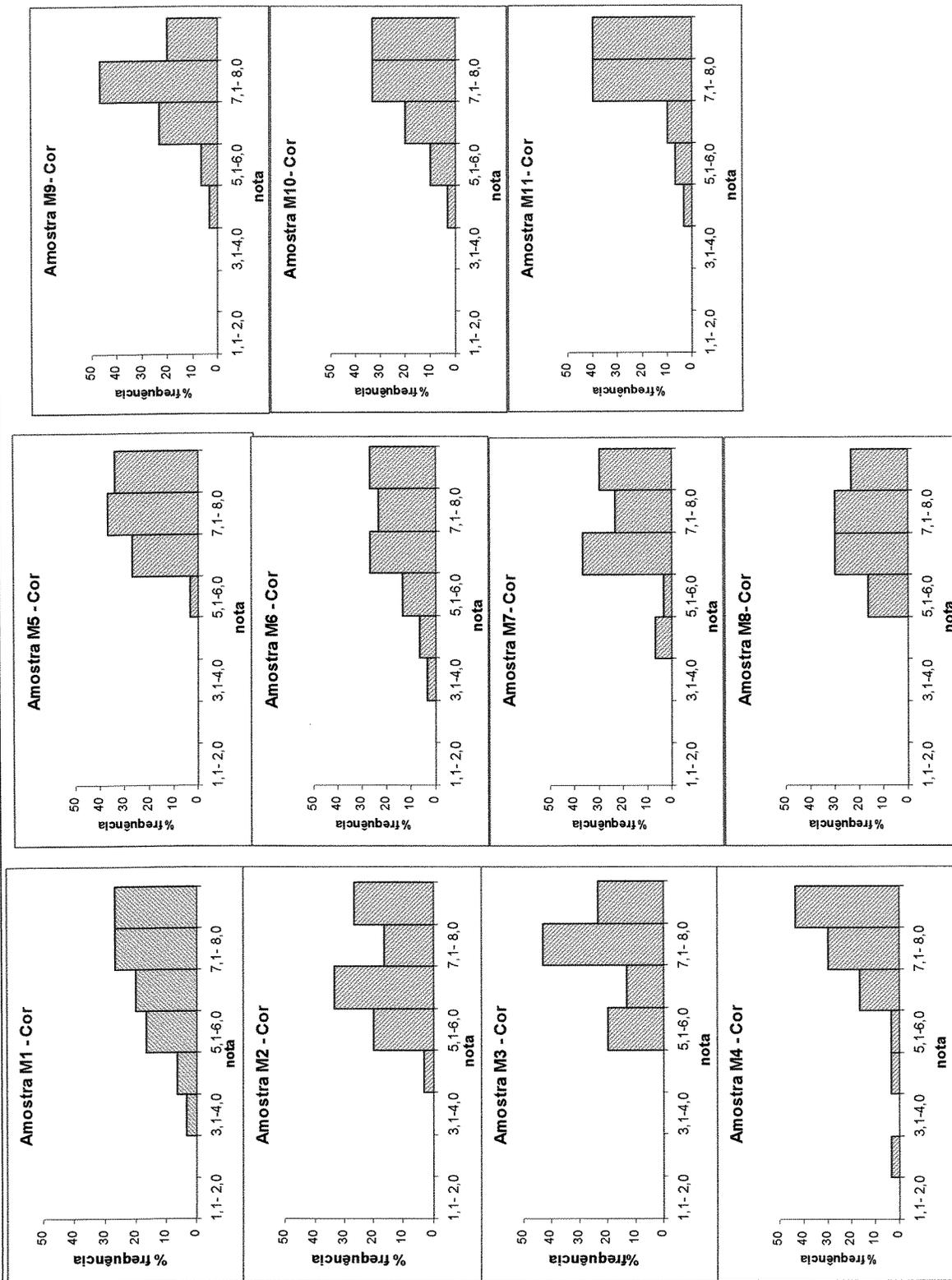


Figura 18 - Resultados da análise sensorial para o atributo cor

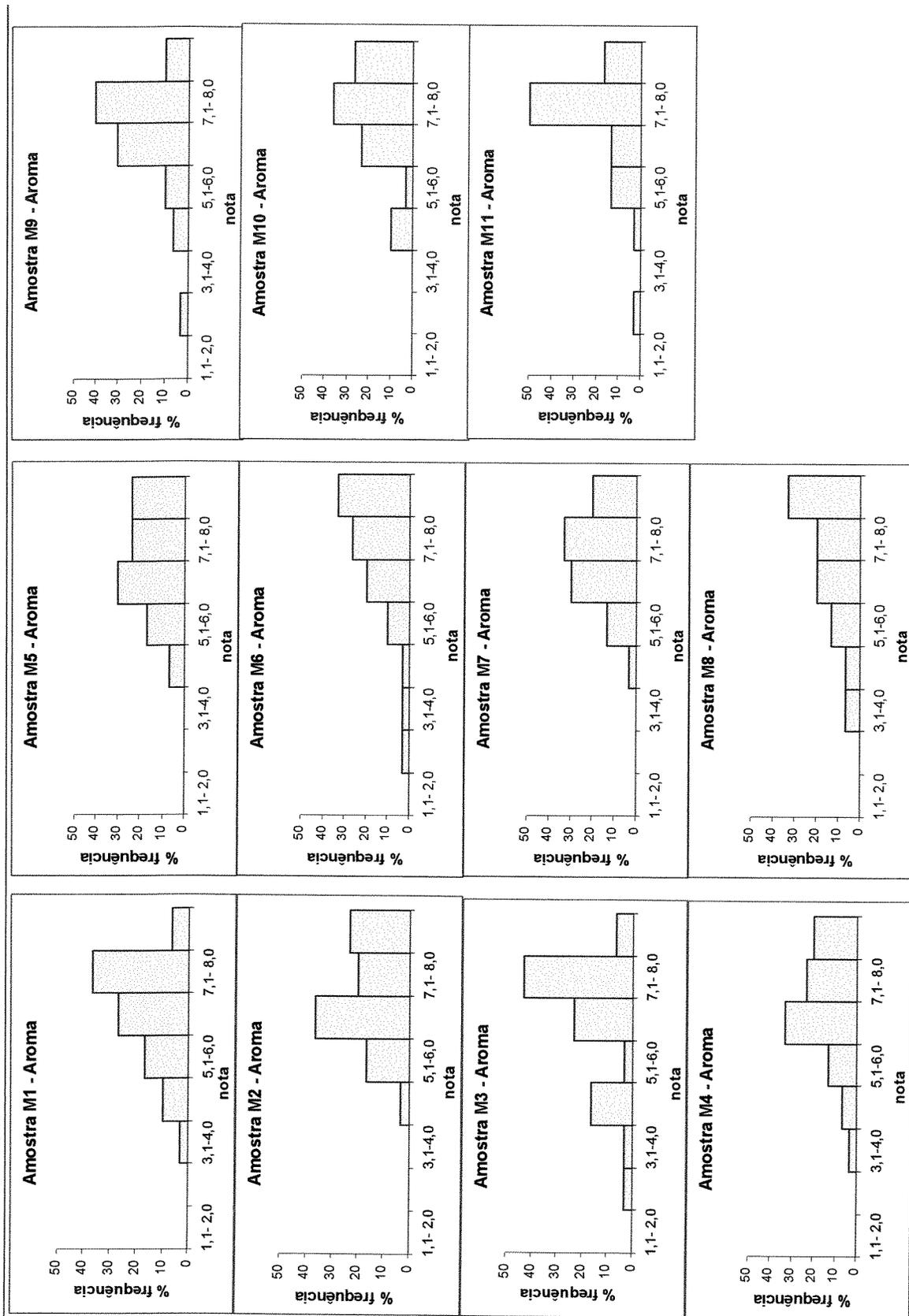


Figura 19 - Resultados da análise sensorial para o atributo aroma.

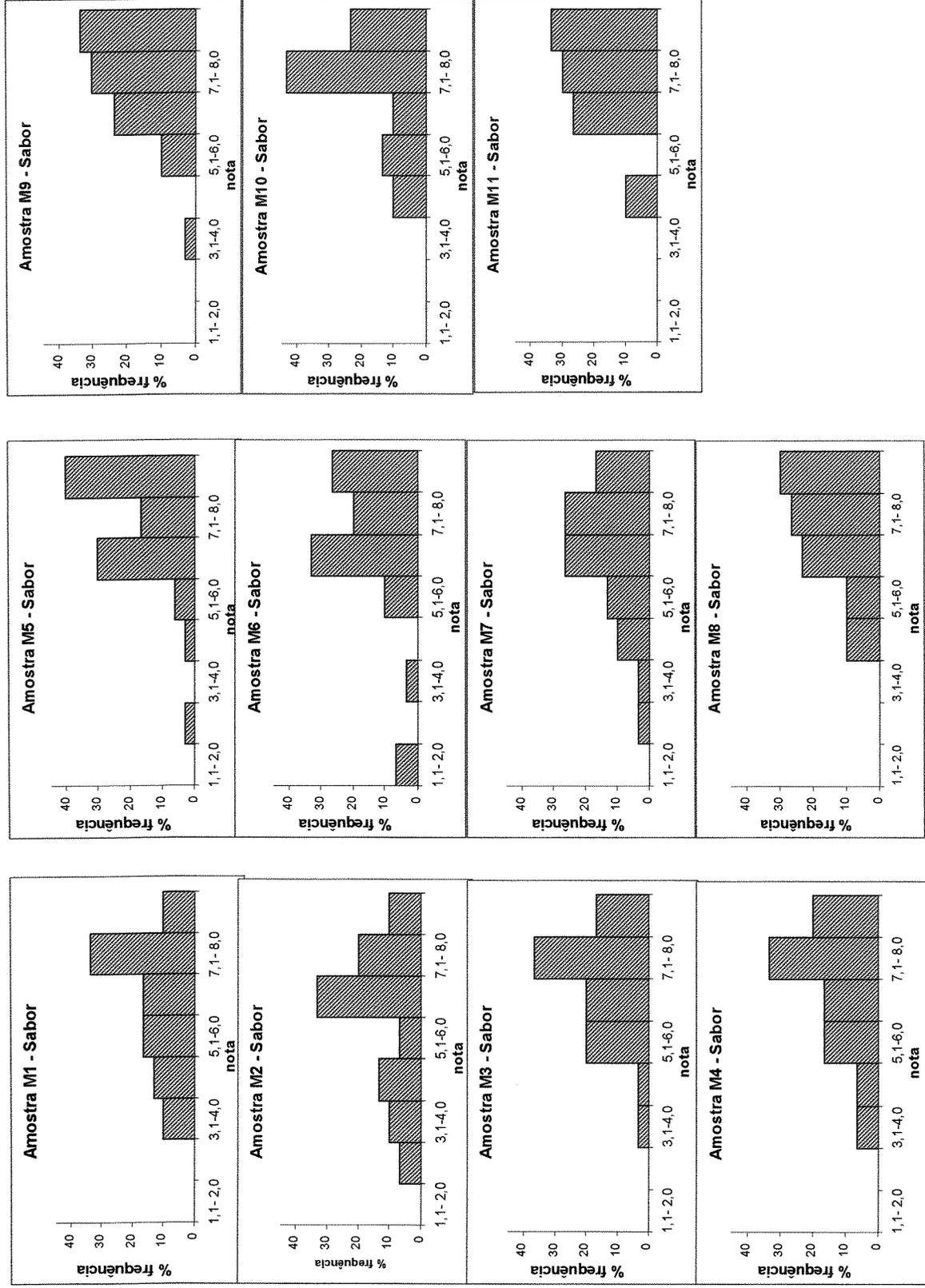


Figura 20 - Resultados da análise sensorial para o atributo sabor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

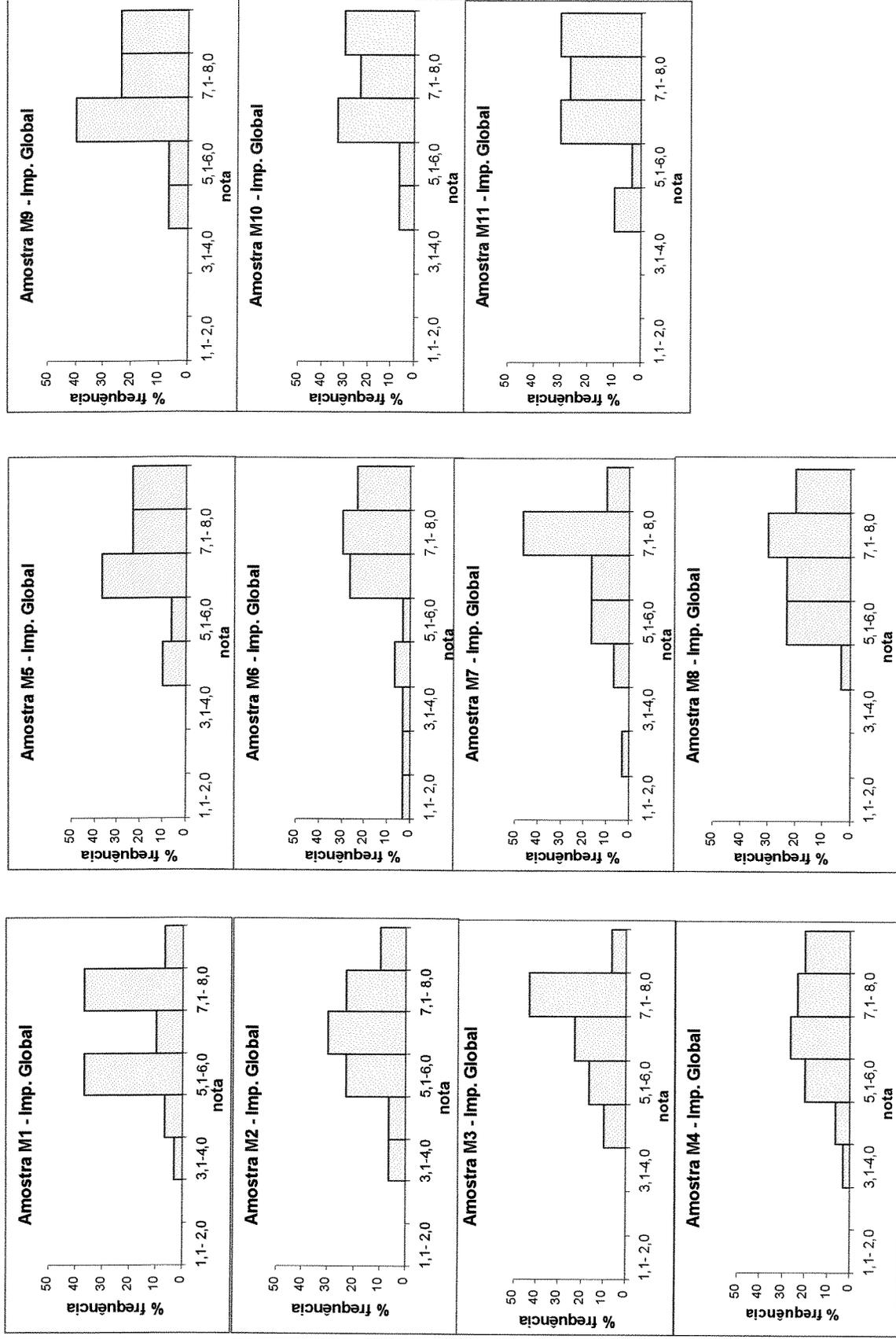


Figura 21 - Resultados da análise sensorial para o atributo impressão global

5.3.2 Extração, concentração, separação, identificação e dosagem de alquilpirazinas

A Tabela 14 apresenta as concentrações médias das pirazinas analisadas na amêndoa crua (fermentada e seca - CFS) e nas amostras de liquor provenientes dos 11 ensaios do planejamento fatorial completo de torração por microondas. Assim como para os ensaios de torração em forno convencional, as condições cromatográficas permitiram boa separação e identificação dos compostos aromáticos formados durante os ensaios de torração por microondas.

Tabela 14 - Concentração das pirazinas nas amostras de cupuaçu torradas por microondas

Ensaio	Concentração $\mu\text{g kg}^{-1}$ (R.S.D.)						
	2-Metil	2,5-Dimetil	2,6-Dimetil	Etil	2,3-Dimetil	2,3,5-Trimetil	2,3,5,6-Tetra
CFS	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	257(9)	182(8)
M1	877,8±61	1244±104	678(67)	152±11	1911±183	7451±528	14124±974
M2	971±55	1056±116	690±57	157±15	1959±130	7120±16	16301±1660
M3	225±20	298±15	155±15	44±4	435±41	1301±67	354±17
M4	3389±264	3692±131	2775±175	1076±82	5741±278	20005±1003	11893±968
M5	1841±136	2355±93	1182±49	273±15	3392±124	11090±502	8119±774
M6	1762±68	2331±88	1207±4	273±27	2904±8	11618±184	33342±2338
M7	1269±126	1835±170	975±84	224±12	2400±59	8520±773	14656±1278
M8	2956±134	3553±104	1978±105	593±26	5331±254	15205±987	14322±609
M9	1893±112	2546±104	1290±62	325±20	3884±213	11621±604	13010±586
M10	2988±132	369±28	468±35	272±15	2233±1506	6059±3458	9334±8706
M11	285±3,5	290±8	219±16	65,6±2,5	563,6±10	1802±173	358±29

*nd=não detectado.

Pela Tabela 14, observa-se que as concentrações das sete alquilpirazinas dos ensaios realizados nos pontos centrais (M9, M10 e M11) do planejamento fatorial completo apresentaram-se bem diferentes. Isso explica o valor alto do erro puro no tratamento estatístico do planejamento e, também, do valor muito abaixo de 1 do coeficiente de determinação (R^2) para o mesmo. Portanto, não se pode tirar um modelo e nenhuma conclusão a respeito do processo de torração por microondas baseado no resultado das concentrações das pirazinas, justamente pela falta de reprodutibilidade no que tange à formação das mesmas no processo de obtenção de liquor de cupuaçu.

Entretanto, pode-se discutir as anomalias do processo baseado nesses mesmos resultados. As pirazinas são formadas pela reação de Maillard durante o processo de torração, devido à exposição do produto a altas temperaturas durante um determinado período de tempo. Mas também podem ocorrer à temperatura ambiente em alguns casos. Em vista disso, procurou-se buscar quais são as possíveis etapas do processo de obtenção do liquor de cupuaçu que podem ter causado a diferença de valores absolutos dos compostos pirazínicos para os ensaios realizados nas mesmas condições de tempo e temperatura no forno de microondas.

Em primeiro lugar, pode ter havido uma diferença na amostragem dos ensaios. Embora, para cada ensaio, a torração tenha sido realizada em triplicata. A diferença de amostragem também pode ter ocorrido na escolha da amêndoa de monitoramento e controle da temperatura através da fibra ótica. Como o monitoramento e o controle do processo são feitos dentro de apenas uma amêndoa, em um lote de 250g, pode-se supor que a temperatura atingida pela mesma não corresponda à das demais, causando uma

falta de homogeneidade de aquecimento. Isto porque o aquecimento a microondas ocorre em função da propriedade dielétrica do material (incluído nesse item a % de umidade) e da distribuição do campo dentro da cavidade de microondas; essas duas prováveis diferenças de amostragem podem explicar em parte as diferentes reações de formação das pirazinas ocorridas e/ou uma maior ou menor volatilização dos compostos nos processos de mesma condição.

Depois da etapa de torração, tem-se a etapa de quebra realizada nos rolos de borracha de um quebrador de arroz adaptado, no qual pode ocorrer um leve aquecimento e, conseqüentemente, reações para formação de outros compostos e evaporação de algumas pirazinas, por exemplo. Acredita-se que nessa etapa, as reações tenham sido insignificantes.

Entretanto, é na etapa de moagem (no moinho de engrenagens helicoidais) onde pode estar a maior fonte de “erro” (ou de falta de controle) do processo. O moinho em questão possui as engrenagens helicoidais, onde passa o material a ser moído, feitas de metal e não possui um sistema de resfriamento. Neste caso, o aquecimento do moinho, devido ao funcionamento, aliado ao contato do produto com o metal pode ter ajudado, portanto, na formação de outros compostos a partir das pirazinas. Ou ainda, mesmo que essa hipótese não seja verdadeira, o aquecimento do moinho por si só pode ter sido responsável por uma maior ou menor volatilização de algumas ou todas as pirazinas analisadas nas diferentes amostras. Vale ressaltar que, embora todos os ensaios tenham passado por esse processo, as reações possivelmente ocorridas ou a volatilização dos compostos podem ter sido diferentes para as diferentes amostras, pois não houve controle da temperatura do moinho. Por exemplo, as últimas amostras passadas no moinho

ao final do dia podem ter sofrido maior aquecimento, devido ao crescente aumento da temperatura pelo longo período de funcionamento do moinho.

Entretanto, apesar das pirazinas serem um indicativo do grau de torração e, neste caso, os valores encontrados para essa variável dependente não tenham relação entre si para o planejamento fatorial completo do presente trabalho, isso não inviabiliza o processo pelo qual as amêndoas passaram. Pois, nas respostas dos atributos sensoriais, essas diferenças não foram detectadas pelos provadores e os ensaios realizados nas condições centrais do planejamento fatorial completo foram preferidos pelos provadores e não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%.

5.3.3 Composição Físico-química das amêndoas torradas por microondas

Foi escolhido um dos ensaios de torração realizados no ponto central baseado na discussão da análise sensorial (item 5.2.1) que definiu a condição do ponto central como a melhor, visando um bom desenvolvimento de cor, sabor e aroma. A composição centesimal do ensaio M9 encontra-se na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15 – Composição química do liquor de amêndoas de cupuaçu torradas em microondas.

Composição	Concentração (%)
Umidade**	2,01
Cinzas	2,40
Proteína	11,01
Gordura	62,51
Carboidratos*	24,08

* Calculado por diferença e engloba outros compostos como taninos, alcalóides, etc

**valor expresso em base seca.

Comparando aos resultados encontrados para as amêndoas fermentadas e secas, nota-se que o teor de umidade diminuiu para 2% (para o convencional esse valor foi de 1,7%). Nesse caso, o teor de proteína apresentou um leve aumento de 10,39 (CFS) para 11,01 (M9). O teor de gordura apresentou o mesmo comportamento: de leve aumento em sua concentração.

6 CONCLUSÕES

O processo de torração do cupuaçu utilizando energia de microondas mostrou-se viável e prático, fornecendo um produto com boa aceitação sensorial. A aplicação de microondas indicou ser um método de torração mais rápido e submete o produto a temperaturas menores quando comparada com o processo convencional, esperando-se dessa forma, uma maior conservação dos nutrientes das amêndoas

A análise sensorial indicou que o processo de torração realizado por 53 a 57 minutos a 150°C na camisa do forno convencional apresentou boa aceitação sensorial. Já no tratamento por microondas, a torração realizada a 110°C no interior da amêndoa durante 14 minutos apresentou melhores resultados e melhor aceitação por parte do consumidor, economizando 39 minutos de processo, praticamente não havendo diferença entre as notas obtidas pelos dois processos estudados.

O estudo da concentração das alquilpirazinas no processo por microondas e convencional não se mostrou satisfatória, apesar de não interferir na aceitação final do produto.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO, F., ZINI, C. A. **Sampling and sample preparation for fragrance and analysis**. In: PWLISZYN, J. (Ed.). *Sampling and sample preparation for field and laboratory. Fundamentals and new directions in sample preparation*. N. Y., 2002, p. 699-719.

ALPENDURADA, M. de F. Solid-phase microextraction: a promising technique for sample preparation in environmental analysis. *J. of Chrom. A.*, (889): 3-14, (2000).

AMERINE, M. A. & OUCH, C. S. **Methods for Analysis of Musts and Wines**. 2^a ed. New York. Jymiley E Sons, Inc. s.d., 337p.

AMERINE, M. A. PANGBORN, R. R. & ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York. Academic Press, 1965, p. 1-22.

ARAGÃO, C. G. **Mudanças físicas e químicas do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) durante o processo fermentativo**. Manaus, 1992. 115p. Tese de Mestrado, INPA/FUA.

BARBOSA, W. C; NAZARÉ, R. F. R.; NAGADA, I. **Estudo tecnológico de frutas da Amazônia**. Belém: EMBRAPA-CPATU (Comunicado Técnico 3), 1978. 19p.

BAREL, M., LEON, D. e VICENT, J. C. Influence du temps de fermentation du cacao sur la production des pyrazines du chocolat. *Café, Cacao, Thé*. (29): 277-286, 1985.

- BECKETT, S. T. **Industrial Chocolate Manufacture and Use**. 2nd ed. Glasgow. Blackie Academic & Professional, 1994. 408p.
- 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.
- BUFFLER, C.R. **Microwave cooking and processing: engineering fundamentals for the food scientist**. New York, V.N. Reinhold AVI, 1992. 169 p.
- CALVAZARA, B. B. G., MÜLLER, C. H. & KAHNAGE, ° N. C. **Fruticultura tropical: O cupuaçuzeiro**, EMBRAPA/CPATU, Belém, 99p, 1984.
- CALVAZARA, B. B. G. **Cupuaçuzeiro**. EMBRAPA/CPATU, Recomendações básicas 1, 5p., 1987.
- CAMPOS, M. S. **Influência da energia de microondas na qualidade tecnológica do trigo**. Campinas, 1986. 120p. Tese de Mestrado. Fac. de Eng. de Alim. e Agríc., UNICAMP.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 3ed. INPA, Manaus. 176p., 1976.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 4ed. Museu Paraense E. Goeldi/Souza Cruz, Belém, 1988.

- CONCEX. Conselho Nacional do Comércio Exterior. **Resolução nº 42**. Rio de Janeiro. 1968. 9p. Brasil.
- COUTINHO, R. B. S. Industrialização das sementes de cupuaçu (*Theobroma bicolor* Humboldt). **Revista de farmácia e bioquímica da Amazônia**, Belém, 11(4):283-287, 1969.
- DAMÁSIO, M. H. & COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Rev. Agroquím. Technol. Alim.**, 31 (2): 165-178, 1991.
- DECAREU, R. V. & PETERSON, R. A. **Microwave Processing and Engineering**. VCH, W. Germany and Ellis Horwood, England, 1986.
- ENGELDER D. S. & BUFFLER, C. R. Measuring dielectric properties of food products at microwave frequencies. **Microwave World**, 12 (4): 15-23, 1991.
- ESCOBAR, H. Ong contesta patente japonesa do cupuaçu. Agência Estado, São Paulo, 08 jan. 2003. Ciência e Meio Ambiente.
- FADINI, A. L. **Comparação da eficiência do processo convencional de torração do cacau frente ao processo por microondas**. Campinas, 1998. 122p. Tese de Mestrado em Tec. Alim., Fac. Eng. de Alim., UNICAMP.
- GILABERT, E. M. V. **Comparação das propriedades reológicas da massa de cacau torrada convencionalmente e por microondas**. Campinas, 1997. 88p. Tese de

-
- Mestrado em Tec. Alim., Fac. Eng. de Alim., UNICAMP.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis. **Agri-Handbook**: Agriculture Research Service, U. S. Dept. Agriculture, p.375, 1970.
- 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.
- KEME, T. Heat treatment of cocoa – problems and controlling. **Chocolate Manufacturing**. 101-108, jun., 1994.
- LIMA, H. C., MIRANDA, R. M. & DELLA MODESTA, R. C. **Estudo para a melhoria tecnológica do Cupulate em pó**. I Encontro Norte/Nordeste da SBCTA, 1995.
- LOPES, A. S. **Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) em função do processamento**. Campinas, 2000. 112p. Tese de Mestrado Tec. Alim., Fac. Eng. de Alim., UNICAMP.
- LOPEZ, A. S. & MacDONALD, C. R. A Definition of Descriptors to be Used for the Qualification of Chocolate Flavours in Organoleptics Testing. **Revista Theobroma**, v. 11, n. 3, p. 209-217, 1981.
- LOPEZ, A. S., QUESNEL, V. C. Volatile fatty acid production in cação fermentation and the effect on chocolate flavor. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 24, n. 3, p. 319-324, 1973.

- MARSAIOLI Jr., A. **Desenvolvimento da tecnologia de aplicação de microondas em secador cilíndrico-rotativo combinado com ar quente para produtos granulados.** Campinas, 1991. 197 p. Tese de doutorado em Engenharia de Alimentos, Unicamp.
- MATEOS, A. e CARBONELL, E. Analisis de la fraccion aromatica de alimentos. Técnicas de extraccion e concentracio. **Rev. Agro Quim. Tec. Alim.** 30(4):431-444, 1990.
- MATTIETTO, R. A. **Estudo comparativo das transformações estruturais e físico-químicas durante o processo fermentativo de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Campinas, 2001. 164p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Unicamp.
- MEILGAARD, M; CIVILLE, G. V. e CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques.** CRC Press, Florida, USA, 1988.
- 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 de mestrado em Tecnologia de Alimentos, INPA.
- MOHR, W. In MEILI, M. **Estudes des correlations entre le comportement technologique des substances aromatiques et leurs propriétés physico-chimiques.** Compiègne, 1978. Thèse de Docteur d'Université de Techonologie de Compiègne.

- MONTEIRO, W. R. Gênero *Theobroma*: distribuição e importância econômica. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1, 1996, Manaus. **Anais**. Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1996, p. 96-109.
- MUDGET, R. E. Microwaves properties and heating characteristics of foods. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 84-93. June, 1986.
- NAZARÉ, R. F. R. Processamento tecnológico do cupuaçu. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1, 1996, Manaus. **Anais**. Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1996, P. 136-141.
- OLIVEIRA, R. P. U. Estudo para melhoramento do sabor de amêndoas não torradas de cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum* Schum), por tratamento térmico convencional e por microondas. Campinas, 2001. Relatório final de atividades de iniciação científica, Departamento de Eng. de Alimentos, Faculdade de Eng. de Alimentos, Unicamp.
- PARLIMENT, T. H., MORELLO, M. J. E MCGORRIN, R. J. Thermally generated flavors: Maillard, microwave an extrusion processes. ACS Symposium Series 543, Whashington, 1992. 479p.
- PEZOA, G.N.H. **Contribution a l'étude d'un capteur por controler en continu procédé de torrédaction**. France, 1989., 170p. Tese de doutorado Université de Technologie de Compiègne.
- QUEIROZ, M. B. **Estudo dos parâmetros de torração de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Campinas, 1999, 109 p. Tese de Mestrado em Tecnologia

de Alimentos, UNICAMP.

QUEIROZ, M. B., GARCIA, N. H. P. Avaliação da torração de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 1,2, p. 167-173, 1999.

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.

RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA-CPFA-Rondônia, 1992, 32p.

SCHWAN, R.F. Microbiology of cocoa fermentation: A study to improve quality. In: **12º Conferência Internacional De Pesquisas Em Cacau**. Salvador – BA, novembro, 1996.

SCHIFFMANN, R. F. Microwave and Dielectric Drying. In: MUJUNDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. 1. ed. New York: Marcel Dekker, 1987. cap. 10, p. 327-356.

SENISE, J. T. A utilização de rádio frequência e microondas na eletrônica industrial. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 8, n. 1, p. 51-61, jul/set, 1985.

SILVA, F. A. da. **Aplicação de microondas no processo de beneficiamento da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. Campinas, 2002. 121p. Tese de Mestrado em

Engenharia de Alimentos, Unicamp.

STONE, H. e J. L. **Sensory Evaluation Practises**. Academic Press, USA, 1993. 296p.

URBANSKI, J. J. Chocolate flavor: origins and descriptions, the effects of process and bean source. *The Manufacturing Confectionery*, 72(11): 69-82, 1992.

VASCONCELOS, M.A.M. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum*)**. Campinas, 1999. Tese de mestrado – FEA, Unicamp.

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamentos**. Belém: Clube do cupu, 1993. 108 p.

VENTURIERI, G. A. & ALVES, M. L. B. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*(Willd. Ex Spreng)Schum). *Acta Amazônia*, Manaus, v.18, n. 1/2, p. 3-8, 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. 121p. Tese de Mestrado – FEA, Unicamp.

ANEXOS

Nome: _____ email/fone: _____
Nº. da Amostra _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra cupulate.
Por favor, prove a amostra e marque na escala o que você achou:

Em relação ao sabor:

Desgostei extremamente Gostei extremamente

|-----|

Comentários: _____

Anexo 1 – Exemplo de ficha para teste em escala hedônica não estruturada.

Nome: _____ email/fone: _____

Nº. da Amostra _____

Data: _____

Você está recebendo uma amostra de bebida não refinada elaborada a partir de amêndoas torradas de cupuaçu.

Por favor, observe, aspire e prove a amostra e marque na escala o que você achou:

Em relação à cor:

Desgostei extremamente Gostei extremamente
|-----|

Em relação ao aroma:

Desgostei extremamente Gostei extremamente
|-----|

Em relação ao sabor:

Desgostei extremamente Gostei extremamente
|-----|

Em relação à impressão global:

Desgostei extremamente Gostei extremamente
|-----|

O que você mais gostou nessa amostra? _____

O que você menos gostou nessa amostra? _____

Comentários: _____

Anexo 2 – Ficha aplicada na análise sensorial

Obrigada!