

KLEBER ALVES DOS SANTOS



**ESTABILIDADE DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)
EM EMBALAGENS PLÁSTICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato J. Sossela de Freitas

CURITIBA

2004

KLEBER ALVES DOS SANTOS

**ESTABILIDADE DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)
EM EMBALAGENS PLÁSTICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato J. Sossela de Freitas

CURITIBA

2004



Ministério da Educação e do Desporto
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Setor de Tecnologia
Curso de Engenharia Química
Departamento de Engenharia Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

KLEBER ALVES DOS SANTOS

**ESTABILIDADE DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)
EM EMBALAGENS PLÁSTICAS**

TERMO DE APROVAÇÃO

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão Examinadora designada pelo Colegiado.

Curitiba, 29 de março de 2004.

Orientador

Prof. Dr. Renato João Sossela de Freitas
Setor de Tecnologia, UFPR

Prof. Dr. Rui Sérgio Santos Ferreira da Silva
Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos, UEL
Primeiro Examinador

Profª. Dra. Neusa Gomes de Almeida Rucker
Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, SEAB/DERAL
Segunda Examinadora

Profª. Dra. Márcia Rapacci
Departamento de Engenharia de Alimentos, PUCPR
Terceira Examinadora

DEDICATÓRIA

Aos meus pais João e Lisete
Aos meus irmãos Marcio e Karina
À querida Patrícia
Aos meus amigos
Com amor!

“A vida não é um corredor reto e tranquilo que nós percorremos livres e sem empecilhos, mas um labirinto de passagens, pelas quais nós devemos procurar nosso caminho, perdidos e confusos, de vez em quando presos em um beco sem saída. Porém, se tivermos fé, uma porta sempre será aberta para nós, não talvez aquela sobre a qual nós mesmos nunca pensamos, mas aquela que definitivamente se revelará boa para nós.”

A.J. Cronin

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todos, que de uma forma ou de outra estiveram envolvidos nessa tarefa difícil de execução da dissertação, é o mínimo que se pode fazer para demonstrar minha gratidão e expressar também o quanto precisamos do apoio uns dos outros para qualquer tarefa que se queira realizar.

Inicialmente, os que estão mais próximos. Obrigado pai e mãe. Como sempre, em toda minha vida, sem o seu contínuo suporte e apoio, eu dificilmente faria tudo o que fiz. Mais uma vez conto com seu apoio incondicional e a sua torcida. Meu mais profundo respeito. Minha mais profunda gratidão. Aos meus irmãos, Márcio e Karina, que de uma forma ou de outra, contribuíram com minha formação. Muitas vezes juntos e também muitas vezes separados. À família Yaedu, especialmente à Patrícia amiga, companheira e fã, pela sua dedicação, pela sua amizade e pela infinita paciência na colaboração em minhas atividades profissionais e pessoais. Meus sinceros agradecimentos.

Meu estimado orientador, Prof. Dr. Renato João Sossela de Freitas, meus mais profundos agradecimentos, pelo seu papel profissional como meu orientador, mas também pelo exemplo de pessoa que você é: sempre educado, competente, ético e amigo. Muito obrigado pela confiança.

Muito obrigado Neusa Gomes de Almeida Rucker, minha grande amiga, orientadora pessoal e educadora, que sempre se referia a mim como "Oi Paixão". Pelo seu trabalho que me inspira, pela coerência e pela amplitude de visão. Mais uma vez influenciando minha vida, esta dissertação tem muito da sua contribuição.

Ao grande amigo de cuia de chimarrão, Agenor Maccari Junior obrigado pelas idéias, sugestões e apoio em todas as etapas de execução deste trabalho, principalmente na sensorial.

Meu experimento prático na PUCPR não teria ocorrido se não fosse o voto de confiança da Dra. Márcia Rapacci que aceitou ser minha tutora. Muito obrigado, não só por isso, mas por sua amizade e por tudo o que aprendi sob sua orientação.

Ainda em relação ao outras instituições, tenho que agradecer ao Prof. Dr. Rui Sérgio Santos Ferreira da Silva da UEL-PR, pela amizade, pelo apoio e pela inspiração dada em suas aulas de estatística, aproveitadas nesta dissertação.

Muito obrigado aos amigos Letícia Machado Karam, Elaine Berges, Cristina Mara Guolo Winter, Márcia Regina Beux, Ricardo Celupi, Sonia Stertz, Clariely Stele e Rupércio Alvares Cançado que, de uma forma ou outra me apoiaram na execução de muitas etapas desta dissertação.

Meus sinceros agradecimentos à Maritza Tavares Teixeira da empresa Granotec do Brasil Ltda, por realizar as medidas de cor da erva-mate pelo sistema CIELab.

Minha a gratidão a Marisa de Moura Souza da Luz e Giane Honório do LCQPq pela amizade, incentivo a pesquisa e por disponibilizar o espectrofotômetro para determinação de polifenóis totais e por quantificar o teor de clorofila nas amostras de erva-mate.

Durante a realização do curso, muitas pessoas, mesmo que inconscientemente, colaboraram no meu trabalho, seja por meio de informações, seja por meio das reflexões provocadas. Impossível citá-las todas pelos nomes, pois foram tantas. Meu mais profundo agradecimento a todos

Agora, alguns amigos em especial: muito obrigado à família Schier da Erva-Mate 81 pelo incentivo à pesquisa com erva-mate e pela concessão da matéria-prima para realização do meu experimento

Ao patrão e amigo Estafano Dranka, muito obrigado por sua amizade, paciência, idéias e incentivo à pesquisa com a erva-mate.

Muito obrigado Nilce Nazareno, pelas diversas sugestões feitas na escrita desse trabalho, Obrigado mesmo "O piá".

Meu mais profundo agradecimento a todos do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA) e a equipe de julgadores da análise sensorial, cujo convívio foi decisivo na elaboração da dissertação; aos meus colegas de curso; Do fundo do coração, espero que os estudos aqui descritos possam realmente ser úteis nas suas vidas profissionais.

Por fim, agradeço à CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por manter o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, nível mestrado nessa instituição.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 ERVA-MATE	3
2.1.1 Usos e costumes do mate	3
2.2 PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL	4
2.2.1 Sapeco	5
2.2.2 Secagem	6
2.2.3 Cancheamento e beneficiamento	7
2.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DA ERVA-MATE	7
2.3.1 Cafeína	8
2.3.2 Polifenóis totais	10
2.3.2.1 Estresse oxidativo	12
2.3.2.2 Antioxidantes	13
2.3.3 Clorofila	15
2.4 QUALIDADE DA ERVA-MATE	17
2.4.1 Características físico-químicas	18
2.4.1.1 Atividade de água	18
2.4.1.2 Umidade	19
2.4.1.3 pH	19
2.4.2 Características microbiológicas	20
2.4.3 Características sensoriais	20
2.4.3.1 Cor	21
2.4.3.2 Sabor	22
2.4.3.3 Aroma	23
2.5 VIDA-DE-PRATELEIRA	25
2.5.1 Degradação de alimentos desidratados	26
2.5.1.1 Reações de escurecimento enzimático	26
2.5.1.2 Escurecimento não enzimático	28
2.5.1.3 Influência da atividade de água	29
2.5.1.4 Influência da temperatura	30

2.5.1.5	Crescimento microbiano	30
2.5.1.6	Alterações sensoriais	31
2.6	EMBALAGEM	32
2.6.1	Função da embalagem	33
2.6.2	Embalagem plásticas	36
2.6.3	Gramatura	36
2.6.4	Espessura	37
2.6.5	Termossoldagem	37
2.6.6	Polipropileno biorientado metalizado	38
2.6.7	Polietileno tereftalato	39
2.6.8	Polietileno de alta densidade	39
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	ERVA-MATE	41
3.2	EMBALAGENS	41
3.3	EQUIPAMENTOS	41
3.3.1	Detector de atividade de água	41
3.3.2	Estufa à vácuo	42
3.3.3	Estufa climática	42
3.3.4	Cromatografo líquido de alta eficiência (CLAE)	42
3.3.5	Espectrofotômetro	42
3.3.6	Colorímetro	43
3.3.7	Peneiras vibratórias	43
3.4	MÉTODOS	43
3.4.1	Amostragem	43
3.4.2	Determinações físico-químicas	44
3.4.2.1	Determinação de umidade	44
3.4.2.2	Determinação de atividade de água	44
3.4.2.3	Determinação de pH	44
3.4.2.4	Determinação colorimétrica da cor	44
3.4.2.5	Determinação do teor de cafeína	45
3.4.2.6	Determinação do teor de polifenóis totais	45
3.4.2.7	Determinação do teor de clorofila total, "a" e "b"	46
3.4.2.8	Determinação da granulometria	46
3.4.2.9	Composição centesimal	46
3.4.3	Avaliações na embalagem	46
3.4.3.1	Espessura	46

3.4.3.2 Gramatura	47
3.4.3.3 Determinação da taxa de permeabilidade ao vapor d'água	47
3.4.3.4 Determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio	47
3.4.3.5 Determinação da transmissão de luz	47
3.4.4 Determinações microbiológicas	47
3.4.5 Análise sensorial	48
3.4.6 Análise estatística	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA ERVA-MATE	51
4.2 COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DA ERVA-MATE	52
4.3 CARACTERISTICAS DO MATERIAL DE EMBALAGEM	55
4.3.1 Espessura	55
4.3.2 Gramatura	56
4.3.3 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água	57
4.3.4 Taxa de permeabilidade ao oxigênio	58
4.3.5 Transmissão de luz	59
4.4 UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH	61
4.5 CLOROFILA TOTAL, "a" E "b"	65
4.6 MEDIDA DE COR	70
4.7 CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS	75
4.8 MICROBIOLOGIA DA ERVA-MATE	80
4.9 MICROBIOLOGIA DA EMBALAGEM	83
4.10 ATRIBUTO SENSORIAL	84
4.10.1 Cor verde	84
4.10.2 Sabor amargo	86
5 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	90
ANEXOS	103

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA	1	-	ÁREA DE OCORRÊNCIA DA ERVA-MATE EM PAÍSES DO CONE SUL.....	3
FIGURA	2	-	ESTRUTURA QUÍMICA DA CAFEÍNA, TEOFILINA E TEOBROMINA	8
TABELA	1	-	TEORES DE FLAVONÓIDES EM CHÁS COMERCIALIZADOS NO BRASIL	10
TABELA	2	-	VALORES MÉDIOS DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE ERVA-MATE	11
FIGURA	3	-	ESTRUTURA QUÍMICA DA CLOROFILA	16
FIGURA	4	-	DEGRADAÇÃO DOS ÁCIDOS QUÍNICO E CAFEICO	24
FIGURA	5	-	CATÁLISE ENZIMÁTICA DO CATECOL EM PRESENÇA DE OXIGÊNIO	27
QUADRO	1	-	TAXAS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA) E OXIGÊNIO (TPO ₂) PARA FILMES SINTÉTICOS SIMPLES COM 25µm DE ESPESSURA	36
FIGURA	6	-	CROMATOGRAMA DA DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA POR CLAE EM ERVA-MATE.....	45
FIGURA	7	-	FLUXOGRAMA DO ESTUDO DE ESTABILIDADE DA ERVA-MATE EM DIFERENTES EMBALAGENS PLÁSTICAS.....	50
TABELA	3	-	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO	51
TABELA	4	-	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA ERVA-MATE CHIMARRÃO	53
TABELA	5	-	CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL DA ESPESSURA TOTAL E PARCIAL PARA MATERIAIS PLÁSTICOS, EXPRESSOS EM MICROMETROS (µm).....	55

TABELA	6	- CARACTERIZAÇÃO FÍSICA PARA GRAMATURA TOTAL E PARCIAL PARA MATERIAIS PLÁSTICOS, EXPRESSOS EM GRAMAS POR METRO QUADRADO (g/m ²).....	56
TABELA	7	- TAXAS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA A 38° C/90%UR DOS FILMES PLÁSTICOS METALIZADOS.....	57
TABELA	8	- TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA A 38° C/90%UR DO FRASCO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE.....	57
TABELA	9	- TAXAS DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO A 23° C, A SECO E COM UM GRADIENTE DE PRESSÃO PARCIAL DO GÁS PERMEANTE DE 1 ATM, PARA OS FILMES PLÁSTICOS METALIZADOS.....	58
TABELA	10	- TAXA DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO A 23° C A UM GRADIENTE DE PRESSÃO PARCIAL DE GÁS PERMEANTE DE 0,21 ATM.....	58
FIGURA	8	- RESULTADOS DOS ESPECTROS OBTIDOS PARA AS EMBALAGENS ANALISADAS.....	60
FIGURA	9	- ESPECTROS OBTIDOS PARA A AMOSTRA BOPP MET/PE, COM DIFERENTES CORES DE IMPRESSÃO: MARROM, MARROM AVERMELHADO E BRANCA.....	60
TABELA	11	- RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS DETERMINAÇÕES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, EM ERVA-MATE CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).....	62
TABELA	12	- VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.....	62
TABELA	13	- VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS	64
TABELA	14	- RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR DE CLOROFILA TOTAL, "a" E "b" EM ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).....	66

TABELA	15	- VALORES MÉDIOS EM mcg/mg DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA "a" E CLOROFILA "b", PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.....	66
TABELA	16	- VALORES MÉDIOS EM mcg/mg DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA "a" E CLOROFILA "b", DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS	68
TABELA	17	- VALORES MÉDIOS EM mcg/mg DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA "a" E CLOROFILA "b", PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD EM FUNÇÃO DO TEMPO	69
TABELA	18	- RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L, "-a" e "b" DO SISTEMA CIELab, EM ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).....	71
TABELA	19	- VALORES MÉDIOS DAS MEDIDAS DE COR L, "-a" e "b" PELO SISTEMA CIELab, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.....	72
TABELA	20	- VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR L, "-a" e "b" PELO SISTEMA CIELab, DETERMINADAS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.....	73
TABELA	21	- VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR L, "-a" e "b" PELO SISTEMA CIELab, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	74
TABELA	22	- RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS DETERMINAÇÕES DE CAFEÍNA (mg/g) E POLIFENÓIS TOTAIS (mg/g), EM ERVA-MATE CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).....	76
TABELA	23	- VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.....	76
TABELA	24	- VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.....	78

TABELA	25	- VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, PARA AS EMBALAGENS PET _{met} /PE, BOPP _{met} /PE E PEAD, DETERMINADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO	79
TABELA	26	- RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PET.....	81
TABELA	27	- RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE BOPP.....	81
TABELA	28	- RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PEAD.....	82
TABELA	29	- RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS E DE BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PET, BOPP E PEAD, EXPRESSOS EM UFC/SUPERFÍCIE INTERNA DA EMBALAGEM.....	83
FIGURA	10	- RESULTADOS DO TESTE DE ORDENAÇÃO PARA ANÁLISE SENSORIAL DO ATRIBUTO COR VERDE DA ERVA-MATE CHIMARRÃO.....	84
FIGURA	11	- VARIAÇÃO DA TONALIDADE DE COR VERDE DA ERVA-MATE EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES EMBALAGENS PLÁSTICAS.....	85
FIGURA	12	- RESULTADOS DO TESTE DE ORDENAÇÃO PARA ANÁLISE SENSORIAL DO ATRIBUTO SABOR AMARGO DA ERVA-MATE CHIMARRÃO.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aa	-	Atividade de água
ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AOAC	-	Association of Official Analytical Chemists
APHA	-	American Public Health Association
AR	-	Argentina
ASTM	-	American Society for Testing and Materials
atm	-	Atmosfera
BOPP	-	Polipropileno Biorientado
BOPPmet/PE	-	Polipropileno Biorientado Metalizado com Polietileno laminado
CEPPA	-	Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
CETEA	-	Centro de Tecnologia de Embalagem
CIELab	-	Commission Internationale de l'Eclairage Lightness ab
CLAE	-	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CNTP	-	Condições Normais de Temperatura e Pressão
DERAL	-	Departamento de Economia Rural
DMSO	-	Dimetil Sulfoxido
DNA	-	Ácido desoxiribonucleico
FAO	-	Food and Agriculture Organization
FDA	-	Food and Drug Administration
g	-	Grama
GRAS	-	Generally Recognized As Safe
IAL	-	Instituto Adolfo Lutz
IDA	-	Ingestão Diária Aceitável
ISO	-	International Organization for Standardization
ITAL	-	Instituto de Tecnologia de Alimentos
Kcal	-	Quilocalória
LDL	-	Lipoproteína de baixa densidade
MS	-	Mato Grosso do Sul
mcg	-	Micrograma
mg	-	Miligrama
ml	-	Mililitro

mmHg	- Milímetros de Mercúrio
nd	- Não Detectado
nm	- Nanômetro
NMP	- Número Mais Provável
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PE	- Polietileno
PEAD	- Polietileno de Alta Densidade
PEBD	- Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	- Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	- Polietileno Tereftalato
PETmet/PE	- Polietileno Tereftalato Metalizado com polietileno laminado
PP	- Polipropileno
PPO	- Polifenoloxidase
PR	- Paraná
PY	- Paraguai
RDC	- Resolução da Diretoria Colegiada
RJ	- Rio de Janeiro
RS	- Rio Grande do Sul
SBCTA	- Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos
SEAB	- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SC	- Santa Catarina
SD	- Standard deviation
SE	- Standard error
SP	- São Paulo
TECPAR	- Instituto de Tecnologia do Paraná
TPO	- Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio
TPVA	- Taxa de Permeabilidade ao Vapor d'Água
UFC	- Unidade Formadora de Colônia
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
URE	- Umidade Relativa de Equilíbrio
UV	- Ultravioleta
WHO	- World Health Organization

RESUMO

ESTABILIDADE DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) EM EMBALAGENS PLÁSTICAS

O chimarrão, infusão de água quente e erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) é uma bebida tônica e estimulante muito consumida em países da América do Sul. A estabilidade das características da erva-mate chimarrão (pronta para consumo) e a conseqüente qualidade da bebida e dos serviços mate podem ser atribuídos ao processamento, tipo de embalagem e tempo de prateleira desse produto. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi sistematizar e avaliar a estabilidade da erva-mate chimarrão acondicionada em filmes flexíveis laminados metalizados (BOPPmet/PE e PETmet/PE) e frasco termoformado (PEAD) com lacre de alumínio e tampa rosqueada. Essa avaliação foi realizada por meio de determinações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, a cada 30 dias durante um período de 180 dias, com a erva-mate armazenada a 25° C +/- 1° C. Determinou-se a composição centesimal e granulométrica da erva-mate. Acompanhou-se durante o período de estudo a umidade, atividade de água, pH, clorofila total, "a" e "b", cor (CIELab), cafeína, polifenóis totais e contagens microbiológicas. Realizou-se também a análise sensorial do produto utilizando o teste de ordenação para avaliação da intensidade do atributo cor e sabor amargo. Os resultados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado, onde foi testado 21 tratamentos, com duas médias de duplicata de uma repetição verdadeira para cada embalagem. Os tratamentos representam o arranjo fatorial das três embalagens plásticas com 7 tempos de experimentação (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). As determinações de umidade, atividade de água e pH apresentaram valores médios 3,63%; 0,306 e 5,90; respectivamente. A análise desses resultados revelou que não houve diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre as embalagens e tempos do experimento. O resultados mais relevantes para qualidade do produto foram: a degradação da clorofila total, "a" e "b"; 44,86%, 44,93% e 47,66%, respectivamente, durante 180 dias. A coordenada "-a" do CIELab que determina a intensidade da cor verde reduziu significativamente ($p < 0,05$) em função da embalagem em 26,91% para PETmet/PE, 67,82% para BOPPmet/PE e 75,97% para PEAD, durante os 180 dias. Para o atributo sensorial cor, a embalagem PETmet/PE foi a que manteve esse atributo com maior intensidade, estando esse resultado em concordância com o resultado físico-químico. Para essa mesma embalagem a intensidade do sabor amargo foi menor ao longo do tempo em comparação com as demais embalagens testadas. A vida-de-prateleira da erva-mate chimarrão nas embalagens de BOPPmet/PE e PEAD foi de 2 meses, enquanto que para o PETmet/PE foi de 5 meses para o atributo sensorial cor verde.

Palavras-chave: Estabilidade, vida-de-prateleira, embalagem, erva-mate, chimarrão.

ABSTRACT

STABILITY OF THE MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) IN PLASTIC PACKINGS

The *chimarrão*, infusion of hot water and mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) it is a tonic drink and stimulant very consumed in the states southern and in countries of America of the south. The stability of the characteristics of the *chimarrão* mate tea (ready for consumption) and the consequent quality of the drink and of the services mate tea, they can be attributed at the processing, packing type and time of shelf of that product. In that context, the objective of that work was to systematize and to evaluate the stability of the *chimarrão* mate tea conditioned in laminated flexible films metallic (BOPPmet/PE and PETmet/PE) and flask (PEAD) with sealing wax of aluminum and it covers. That evaluation was accomplished through physiochemical determinations, microbiological and sensory, every 30 days during a period of 180 days, with the mate stored 25° C + / - 1° C. Determined the composition and granulometric of the mate. It was accompanied during the study period the humidity, activity of water, pH, total chlorophyll, "a" and "b", color (CIELab), caffeine, total polyphenols and counting microbiological. Also took place the sensory analysis of the product using the ordination test for evaluation of the intensity of the attribute color and bitter flavor. The results were analyzed according to a complete randomized design, where it was tested 21 treatments, with two averages of copy of a true repetition for each packaging. The treatments represent the factorial arrangement of the three plastic packing with 7 times of experimentation (0, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days). The humidity determinations, activity of water and pH presented medium values 3,63%; 0,306 and 5,90; respectively. The analysis of those results revealed that there were not significant statistical differences ($p > 0,05$) between the packing and times of the experiment. Resulted more relevant for quality of the product they were: the degradation of the total chlorophyll, "a" and "b"; 44,86%, 44,93% and 47,66%, respectively for 180 days. The coordinate "a" of CIELab that determines the intensity of the green color reduced significantly ($p < 0,05$) in function of the packing in 26,91% for PETmet/PE, 67,82% for BOPPmet/PE and 75,97% for PEAD, during the 180 days. For the attribute sensory color the packing PETmet/PE was the one that maintained that attribute with larger intensity, being that result in agreement with the physiochemical result. For that same packing the intensity of the bitter flavor was smaller along the time in comparison with the other tested packing. The shelf-life of the *chimarrão* mate tea in the packing of BOPPmet/PE and PEAD was of 2 months, while for PETmet/PE it went of 5 months to the attribute sensory green color.

Key-words: Stability, shelf-life, packing, mate, *chimarrão*.

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hill. tem sua origem na América do Sul, ocorrendo naturalmente na Argentina, Brasil e Paraguai. A Região Sul do Brasil é a maior produtora de folhas, matéria-prima essa utilizada na fabricação de bebidas típicas como o chimarrão e o tererê. A forma mais difundida para saboreá-la é o chimarrão (infusão de água quente com erva-mate beneficiada) preparado em recipientes típicos conhecidos como cuias. Esse modo de preparo é a principal forma de consumo do produto no Brasil. Segundo RUCKER (1996a), 90% do consumo da erva-mate se dá na forma de chimarrão. A erva-mate oferecida ao mercado consumidor nesta forma de apresentação é a responsável pela sustentabilidade do setor ervateiro.

O processo de beneficiamento industrial da erva-mate consiste de tratamentos térmicos com aplicação de calor nas etapas de sapeco e secagem. Essas operações contribuem para a conservação do produto conferindo a este uma maior vida-de-prateleira. Essas etapas também são responsáveis pela produção de substâncias químicas que acentuam ou não os atributos sensoriais de cor, aroma e sabor, que conferem a erva-mate o *blend* requerido pelo mercado consumidor.

A qualidade da erva-mate chimarrão é estabelecida por um conjunto de critérios que caracterizam a matéria-prima para o uso e aplicação industrial a qual se destina. A qualidade da matéria-prima é a determinante da qualidade do produto final, dessa forma, a partir da estimativa de parâmetros qualitativos e quantitativos para a matéria-prima, considerando um planejamento adequado e o controle do processo de produção, a qualidade do produto industrializado deveria estar assegurada.

Entretanto, a aplicação desses critérios pelos agentes econômicos do agronegócio erva-mate tem sido questionada pelo consumidor de chimarrão. As reclamações referem-se a qualidade sensorial da erva-mate. Para minimizar essa situação problema, o industrial ervateiro tem utilizado diferentes tipos de embalagem e, paulatinamente, tem diminuído sua vida útil, sendo necessário o recolhimento (*recall*) do produto disponibilizado na gôndola do supermercado, com vistas a ofertar um produto padronizado de acordo com o gosto do consumidor de chimarrão.

A embalagem para erva-mate chimarrão mais utilizada é a de papel kraft e monolúcido. Segundo CABRAL; FERNANDES (1982), a embalagem de papel apresenta alta permeabilidade a gases e ao vapor d'água. De acordo com relatos das indústrias processadoras de erva-mate, o produto definitivamente não apresenta um período de vida útil maior que 45 dias. Dessa forma, as indústrias são obrigadas a retirar o produto das gôndolas dos supermercados, por não apresentar a qualidade requerida pelo consumidor.

Espera-se que, se o produto agrícola erva-mate for manipulado de forma adequada por todo o segmento da cadeia produtiva, cabe ao invólucro, recipiente ou embalagem, preservar a qualidade do produto e garantir a satisfação e segurança alimentar do consumidor de chimarrão. Portanto, se a erva-mate for adequadamente processada, cabe a embalagem protegê-la de fatores extrínsecos responsáveis por sua deterioração.

Nesse contexto, considerando a produção agrícola de erva-mate no Estado do Paraná que apresentou um crescimento de 149,6% no período safras 1992/1993 a 2000/2001, que foi de 134.618 a 336.000 mil toneladas; a crescente demanda do mercado consumidor por erva-mate verde com qualidade; a possibilidade de redução de custos com o recolhimento (*recall*) da erva-mate chimarrão sem a qualidade requerida pelo consumidor (RUCKER, 1996a); considerando também a falta de informações na literatura sobre a vida-de-prateleira, embalagens e os fenômenos químicos e físicos envolvidos na degradação da erva-mate.

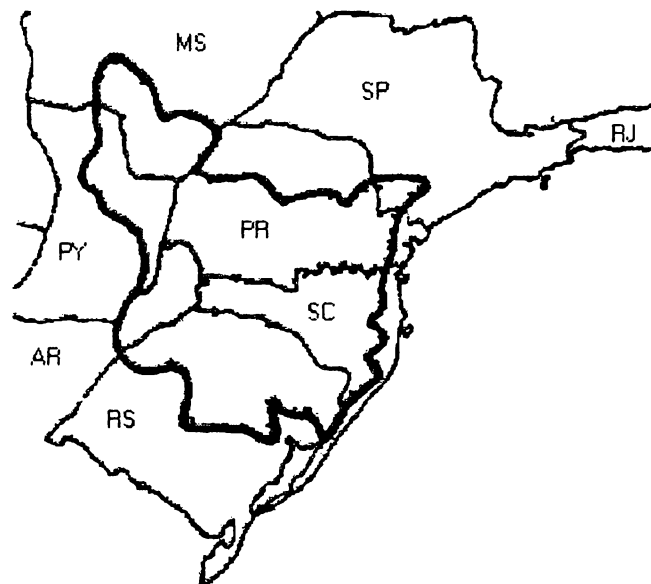
Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação da estabilidade da erva-mate chimarrão acondicionada em filmes flexíveis laminados metalizados (PETmet/PE e BOPPmet/PE) e o frasco de polietileno de alta densidade (PEAD) termoformado com lacre de alumínio e tampa rosqueada. Essa avaliação foi realizada por meio de determinações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, a cada 30 dias durante um período de 180 dias, com a erva-mate armazenada a 25° C.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ERVA-MATE

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hillaire) pertence à família *Aquifoliaceae* e é considerada um produto de origem florestal não madeirável, com cultivo denominado de silvicultura. A erva-mate é uma árvore perene semelhante a uma laranjeira, com seis a oito metros de altura, nativa da América do Sul. A área de ocorrência natural, apresentada na Figura 1, compreende o Noroeste Argentino, Leste do Paraguai e Sul do Brasil. A zona ervateira brasileira com produção agroindustrial está localizada nos estados produtores: Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e o sul do Mato Grosso do Sul (PARANÁ, 2000).

FIGURA 1 – ÁREA DE OCORRÊNCIA DA ERVA-MATE EM PAÍSES DO CONE SUL.



FONTE: Adaptado de VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003.

2.1.1 Usos e costumes do mate

O chá, para o consumidor, é uma bebida alimentícia preparada por infusão ou decocção. Para o seu preparo são utilizados partes vegetais desidratadas, inteiras, fragmentadas ou moídas com água potável, não podendo apresentar finalidade farmacoterapêutica. A bebida por infusão consiste em verter água com temperatura

média de 80° C sobre as partes vegetais, deixando em repouso por tempo determinado. O preparo por decocção consiste em mergulhar as partes vegetais em água e aquecer por tempo determinado a uma mesma temperatura (BRASIL, 1998).

As folhas e ramos da erva-mate obtidos por processo tecnológico adequado são utilizados para preparar uma bebida estimulante por infusão com água quente, denominada tradicionalmente como chimarrão ou mate. O recipiente para consumo é conhecido por cuia, onde a erva-mate ocupa 2/3 da capacidade, e a bebida é sorvida com auxílio de uma bomba de metal (BRASIL, 2002a). O chimarrão apresenta como características o baixo valor calórico (75,0 kcal por porção de 50g em 500ml de água a 75° C), os efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença de cafeína e o prazer da satisfação que seu aroma e sabor são capazes de proporcionar (VALDUGA, 1995; SIMÕES *et al.*, 2001).

Os primeiros relatos do uso dessa bebida datam de meados do século XVI, onde os indígenas já procuravam e consumiam o mate para combater a sede, fome e fadiga em suas longas caminhadas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE ERVA-MATE, 1999). O consumo de mate, principalmente sob a forma de chimarrão, faz parte do hábito alimentar, cultural, relações comerciais e da caracterização política dos estados do sul do Brasil (SEAB, 1997).

2.2 PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL

O processo agroindustrial do produto agrícola erva-mate verde no Brasil está estruturado no sistema de cancheamento/beneficiamento, que compreende o corte de folhas e ramos, durante o período de safra e safrinha, transporte, redução de tamanho do material vegetal, sapeco, secagem, trituração em diferentes granulometrias, sendo a erva-mate classificada em peneiras, que determinam o destino do produto, uso e aplicação industrial ou o envase para o mercado consumidor (PARANÁ, 2000).

A preservação dos alimentos pelo uso de métodos combinados se resume na aplicação de obstáculos que diferem em qualidade e intensidade de acordo com cada tipo de produto, podendo agir sinergicamente para inibir ou retardar o crescimento

microbiano, resultando em produtos estáveis à temperatura ambiente e de boas características físicas e sensoriais (CHIRIFE; FAVETTO, 1992).

O processo de desidratação combina a transferência de calor e massa no qual quase toda água do produto é eliminada, reduzindo conseqüentemente sua atividade de água que influencia o crescimento microbiano, atividade enzimática e outras reações de deterioração química e física (TORREZAN *et al.*, 1997). A desidratação de alimentos tem como objetivo comum a redução da atividade de água para níveis inferiores a 0,60. Nesses níveis a maioria das reações de deterioração dos alimentos é desacelerada (TEIXEIRA NETO, 1999).

2.2.1 Sapeco

O sapeco mecânico é um tratamento térmico realizado em cilindro metálico rotativo, a temperaturas elevadas entre 400 - 600° C, com aletas internas para conduzir o material vegetal no seu interior (PARANÁ, 2000). O sapeco da erva-mate tem por finalidade a redução da umidade e a inativação das enzimas (polifenoloxidasas), que conferem as folhas verdes alterações da cor, sabor e aroma (VALDUGA, 1995). Dessa forma, o sapeco, que consiste do contato rápido dos ramos e folhas da erva-mate com as chamas de fogo, deve ser realizado logo após a colheita, para evitar o escurecimento dos ramos e folhas da erva-mate, em decorrência da degradação desse produto (PARANÁ, 2000).

As variáveis do sapeco são tempo de exposição da erva-mate com as chamas, temperatura e tamanho das chamas. O tempo de contato do material vegetal com as chamas são de 2 segundos, permanecendo no cilindro rotativo em média 60 segundos. As temperaturas podem atingir 600° C no interior do cilindro e na superfície das folhas, pode chegar a 120° C. O calor rompe as vesículas de água existentes nas folhas perdendo em média 25% de umidade. As labaredas produzidas dependem da quantidade e qualidade da lenha utilizada (VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003).

As características sensoriais como aroma e sabor do chá de erva-mate apresentam variações em função do processo de sapeco e secagem, onde o binômio tempo e temperatura de processamento influenciam na degradação de compostos

fitoquímicos que conferem atributos a erva-mate. O material utilizado para gerar calor nessas etapas de processamento industrial também confere odores e sabores diversos à erva-mate, como os de fumaça, floral, madeira, tostado e azedo (KAWAKAMI; KOBAYASHI, 1991).

Se o sapeco não for realizado de maneira correta, o aroma, sabor e aspecto do produto ficam comprometidos, modificando a qualidade final da erva-mate comercial. Quando o sapeco é bem conduzido, as folhas apresentam coloração uniforme, verde-amarelada a verde oliva e desprendem aroma agradável; caso contrário, as folhas apresentam cor verde-escura, pretas e com aspecto queimado (VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003).

No sapeco, etapa preliminar à secagem, ocorrem reações pirolíticas nas folhas de erva-mate que reduzem o conteúdo de glicose e frutose, com conseqüente aumento do teor de sacarose, devido à desidratação e condensação dos monossacarídeos (PAREDES; VALDEZ; KANZIG, 2000).

2.2.2 Secagem

A operação de secagem é definida como a separação da água de uma substância pela aplicação de calor, sendo executado a transferência de água e substâncias voláteis para uma fase de vapor. No caso da erva-mate, a secagem ou desidratação da massa foliar é realizada em cilindros rotativos com temperaturas médias no interior desses de 80° C, podendo necessitar de um tempo de até 4 horas para completar a secagem, dependendo das condições operacionais e do secador. O material entra no secador com uma umidade média de 25% e sai com 5,0% de umidade (VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003).

As variáveis da secagem como temperatura e fluxo de ar influem diretamente no tempo de processamento. Se o fluxo de ar e a temperatura forem muito elevados a taxa de secagem supera a taxa de migração de água, em virtude disso os capilares são fechados, o que impossibilita que a água ainda retida no interior dos vasos e tecidos vegetais continue migrando. Portanto, cada planta ou parte desta possui condições (temperatura e fluxo de ar) consideradas ideais para secagem (SIMÕES *et al.*, 2001).

A função da secagem na erva-mate está em reduzir a umidade. O excesso de água pode ocasionar deterioração microbiológica e a degradação enzimática dos constituintes nutricionais e químicos da erva-mate. O tratamento térmico tem como objetivo a melhoria das características organolépticas, fixação do aroma e sabor da erva-mate, conferindo o *blend* de acordo com o requerido pelo consumidor de mate (PARANÁ, 2000).

2.2.3 Cancheamento e beneficiamento

A erva-mate seca previamente triturada é denominada de cancheada, termo esse utilizado devido à produção da erva-mate cancheada ser realizada em local assoalhado denominado de cancha, onde a massa foliar é submetida à trituração ou fragmentação (COSTA, 1989). A erva-mate cancheada constitui a matéria-prima para o beneficiamento e produção de erva-mate para chimarrão. As indústrias ervateiras substituíram esse sistema por equipamentos denominados cancheadores que reduzem o tamanho das partes vegetais após a secagem (PARANÁ, 2000).

A erva cancheada é peneirada, misturada em proporções de folhas, palitos e goma de acordo com produto desejado. A erva-mate cancheada é armazenada em sacos, tulhas ou a granel quando destinada ao mercado interno e tem o tempo de armazenagem um período de três a quinze dias. Para produção de erva-mate para chimarrão, após a mistura, a erva-mate é moída para reduzir a granulometria do material, utilizando moinho de facas ou soque (VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003).

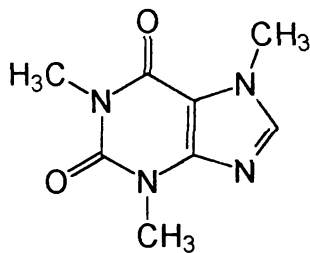
2.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DA ERVA-MATE

A erva-mate apresenta em sua constituição química sais minerais, vitaminas, aminoácidos, saponinas triterpênicas, alcalóides (metilxantinas como cafeína, teobromina e teofilina), açúcares e compostos fenólicos como flavonóides (quercetina e rutina), ácido clorogênico e taninos (NEWALL; ANDERSON; PHILLIPSON, 1996). Dentre os componentes químicos citados a cafeína, os polifenóis totais e a clorofila, foram selecionados para esse trabalho, a fim de se verificar sua influência nas características sensoriais de sabor amargo e cor da erva-mate.

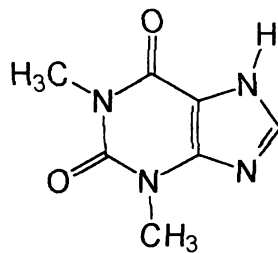
2.3.1 Cafeína

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é um composto orgânico com função amina, estruturalmente relacionado ao ácido úrico (OGA, 1996). A estrutura química da cafeína, apresentada na Figura 2, possui sabor amargo, sendo a mais importante e abundante xantina da erva-mate (ROBBERS *et al.*, 1997), entretanto, quantidades menores de teofilina (1,3-dimetilxantina) e teobromina (3,7-dimetilxantina) também encontram-se presentes (MAZZAFERA, 1994).

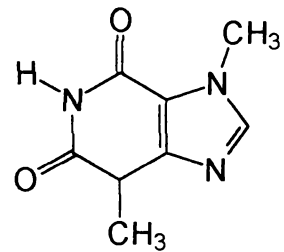
FIGURA 2 – ESTRUTURA QUÍMICA DA CAFEÍNA, TEOFILINA E TEOBROMINA.



Cafeína (1,3,7 Trimetilxantina)



Teofilina (1,3 dimetilxantina)



Teobromina (3,7 dimetilxantina)

FONTE: SIMÕES *et al.*, 2001.

A cafeína é a substância psicoativa mais utilizada em todo o mundo. Está presente em alimentos comuns à dieta como, café (*Coffea arabica* L.), guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.), cacau (*Theobroma cacao* L.), cola (*Cola acuminata* Schott et Enol.), chá verde (*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze) e medicamentos de venda livre sobretudo analgésicos (GILMAN, 1996; SIMÕES *et al.*, 2001).

A Food and Drug Administration (FDA) focalizou atenção regulatória para a cafeína como parte de sua revisão para reconhecer essa substância como segura, sendo denominada de GRAS (*Generally Recognized As Safe*). Como ainda existem muitos resultados contraditórios quanto à segurança do consumo de cafeína, alguns estudos recomendam que sua ingestão diária seja em doses moderadas de até 300 mg/dia. Com base nos dados de consumo de produtos com cafeína, pode-se recomendar a ingestão diária de 4 mg/kg para adultos; enquanto que crianças e jovens até 18 anos a ingestão diária de cafeína é de 1 mg/kg (BARONE; ROBERTS, 1996).

Essa metilxantina é um dos constituintes mais estudados da erva-mate, a qual apresenta ação diurética, atividade broncodilatadora, estimulante do sistema nervoso central, cardíaco e respiratório, liberação de catecolaminas e redução da fadiga (SAWYNOK, 1995; FUCHS; WANNAMACHER, 1998).

O desenvolvimento de dependência em relação ao uso de cafeína pode surgir mesmo com a utilização de doses relativamente baixas, como as ingeridas na dieta. A abstinência dessa metilxantina consiste em sensação de fadiga e sedação. Embora a síndrome de abstinência possa ser demonstrada, poucos indivíduos relatam perda de controle da ingestão de cafeína ou dificuldade em reduzir o uso. Portanto, a cafeína não está relacionada à categoria de estimulantes viciantes (GILMAN, 1996).

A intoxicação fatal pela ingestão de cafeína é rara. Entretanto, doses letais de cafeína a curto prazo em adultos pareça ser em média de 5 a 10 g. Efeitos indesejáveis agudos podem ser observadas a partir da ingestão de um grama, correspondendo a concentrações plasmáticas acima de 30 µg/ml (OGA, 1996). Os sintomas de intoxicação por cafeína incluem inquietação, insônia, alterações no fluxo de pensamentos, agitação psicomotora, distúrbios gastrointestinais, nervosismo, arritmia cardíaca e contração muscular (ALONSO, 1998).

A quantidade de cafeína presente na erva-mate depende de uma série de fatores como a variedade da planta, método de cultivo, condições de crescimento e poda, idade da planta, época de colheita, fatores edafoclimáticos, tipo de processamento industrial e os aspectos genéticos e sazonais (PARANÁ, 2000; ESMELINDRO *et al.*, 2002).

Há um crescente interesse na determinação do teor de cafeína em produtos com erva-mate e seus derivados, podendo ser utilizado como indicador de identidade e qualidade desses produtos. O acúmulo desse alcalóide é uma característica própria da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.), pois outras espécies como a congonha, guavirova, pimenteira, caúna e pessegueiro bravo são com freqüência relatadas como adulterantes do mate e não apresentam cafeína em sua composição química (VALDUGA, 1995; REGINATTO *et al.*, 1999).

2.3.2 Polifenóis totais

Os compostos fenólicos ou polifenóis totais pertencem a uma classe de substâncias químicas que inclui uma grande diversidade de estruturas, simples e complexas, que possuem ao menos um anel aromático com um ou mais grupamentos hidroxilas (SANTOS; FREITAS, 2003). Estão amplamente distribuídos no reino vegetal, nos microrganismos e no metabolismo de animais. Dentre os compostos fenólicos pertencentes aos vegetais encontram-se: ácidos fenólicos, derivados da cumarina, ligninas, taninos, flavonóides e também fazendo parte de alcalóides e terpenóides (FELÍCIO; YOUNG, 1998).

Segundo MATSUBARA (2000), pesquisando polifenóis (flavonóides) como miricetina, quercetina e kaempferol, em diferentes tipos de chás comercializados no Brasil, obteve os seguintes resultados, apresentados na Tabela 1, para o chá verde, chá preto, camomila, boldo, mate tostado e erva-mate verde.

TABELA 1 - TEORES DE FLAVONÓIDES EM CHÁS COMERCIALIZADOS NO BRASIL.

AMOSTRAS	CONCENTRAÇÃO (mg/g de folhas)		
	Miricetina	Quercetina	Kaempferol
Chá verde	0,70 a 1,90	2,50 a 3,40	1,10 a 1,90
Chá preto	0,30 a 0,70	2,70 a 3,20	1,80 a 2,00
Camomila	ND	0,60 a 0,90	ND
Boldo	ND	1,60 a 2,00	2,00 a 2,60
Mate tostado	ND	ND	ND
Erva-mate verde	ND	2,00 a 3,30	0,30 a 0,60

NOTA: ND – não detectado.
FONTE: MATSUBARA, 2000.

Os polifenóis são compostos fitoquímicos que têm apresentado grande interesse nutricional por sua contribuição na manutenção da saúde humana. Assim, muitas propriedades funcionais são descritas para os alimentos de origem vegetal, como frutos, folhas e sementes por estarem associadas à atividade antioxidante relacionada à presença de flavonóides e compostos fenólicos totais (LIMA *et al.*, 2002). As características sensoriais dos alimentos de origem vegetal, tanto processados como frescos, estão relacionadas ao teor de compostos fenólicos. Sua contribuição para a

coloração de vegetais é claramente comprovada, assim como na determinação do sabor amargo e adstringente desse tipo de alimento (MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000).

O consumo de antioxidantes presentes nos alimentos pode ser um fator importante na redução da incidência de doenças cardiovasculares, independente da presença de constituintes dietéticos como as fibras ou vitaminas (CINTRA; MANCINI FILHO, 1998).

A erva-mate, além das propriedades antioxidantes, apresenta efeito hipocolesterolêmico em função da redução da oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), minimizando a formação do ateroma, característica essa atribuída aos constituintes fenólicos presentes nas folhas (SANTOS *et al.*, 2004). Os derivados cafeicos e os flavonóides, apresentados na Tabela 2, foram identificados e quantificados, por cromatografia líquida de alta eficiência, em extrato aquoso das folhas de erva-mate (FILIP *et al.*, 2001).

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE ERVA-MATE.

GRUPOS QUÍMICOS	COMPOSTOS FENÓLICOS	TEOR (mg/g)
DERIVADOS CAFEICOS	Ácido clorogênico	28,0
	Ácido cafeico	0,23
	Ácido 3,4 dicafeoilquínicos	8,55
	Ácido 3,5 dicafeoilquínicos	30,4
	Ácido 4,5 dicafeoilquínicos	28,9
	Total de derivados cafeicos	96,08
FLAVONÓIDES	Rutina	0,60
	Quercetina	0,031
	Kaempferol	0,012

FONTE: adaptado de FILIP *et al.*, 2001.

Os polifenóis como os flavonóides são substâncias não nutritivas com atividade antioxidante, que estão presentes em alimentos. São encontrados em diversos alimentos de origem vegetal, como maçã, uva, cebola, repolho, brócolis, chicória, aipo, chá e vinho tinto. A quercetina é um dos flavonóides responsáveis pela remoção de

radicais livres como íon superóxido, oxigênio *singlet* e também inibe a oxidação das LDL (BATLOUNI, 1997). O vinho tinto apresenta um teor de compostos fenólicos totais que oscila entre 1000 a 4000 mg/L. A infusão de chá apresenta concentrações de quercetina que varia de 10 a 25 mg/L (MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000).

Os japoneses estimam que o consumo de 7 xícaras de chá por dia está relacionado à redução da incidência de doenças cardiovasculares, apesar da alta percentagem de fumantes. Os benefícios do chá como a redução dos níveis de colesterol no soro e a pressão sanguínea sistólica são reportados em estudos epidemiológicos no Japão e Noruega (VINSON; DABBAGH, 1998).

Os fenóis são compostos aromáticos que podem ser divididos em voláteis e não voláteis. A variedade e a concentração de compostos fenólicos voláteis podem variar de acordo com a intensidade do tratamento térmico. Uma das principais vias da formação de compostos fenólicos voláteis é a degradação de ácidos fenólicos livres, como ácido p-cumárico, ferúlico, cafeico e quínico. Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não voláteis (SIMÕES *et al.*, 2001).

Os ácidos clorogênicos são formados pela esterificação do ácido quínico com o ácido cafeico, ferúlico ou p-cumárico. A maior parte desses ácidos é encontrada como uma série de ésteres coletivamente conhecidos como ácidos clorogênicos, e que durante o processamento térmico, sofrem degradação, produzindo ácidos fenólicos livres voláteis precursores para formação do aroma (MOREIRA; TRUGO, 2000).

2.3.2.1 Estresse oxidativo

O estresse oxidativo pode ser caracterizado pelo desequilíbrio entre a formação e a remoção de radicais livres do organismo, decorrente do aumento da geração desses ou da diminuição dos antioxidantes endógenos (POLIDORI *et al.*, 2001).

Os radicais livres são definidos como moléculas orgânicas ou inorgânicas e átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, cuja configuração torna as moléculas instáveis e quimicamente muito reativas. A presença de radicais livres é crítica para muitas das funções fisiológicas normais. Como exemplo de radicais livres podem ser citados espécies reativas de oxigênio, íon superóxido, radical hidroxila,

peróxido de hidrogênio, óxido nítrico, tiol, radicais de nitrogênio, fenildiazina e radicais de enxofre (SOARES, 2002).

A formação de radicais livres *in vivo* ocorre via ação catalítica de enzimas, podendo ser gerados no citoplasma, mitocôndrias e membranas, durante os processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular e pela exposição a fatores exógenos. Os fatores exógenos incluem fumo, pesticidas, solventes orgânicos, poluição do ar, anestésicos e radiações (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

2.3.2.2 Antioxidantes

Os antioxidantes, do ponto de vista biológico, podem ser definidos como substâncias responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres (PRIOR; CAO, 1999). Protegem sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de reações que promovam a oxidação de macromoléculas ou estruturas celulares, sendo a capacidade antioxidante definida como a habilidade de um composto em reduzir espécies pró-oxidantes ou reativas de significância patológicas (ABDALLA, 2000).

Os danos oxidativos podem afetar moléculas como lipídios, proteínas, carboidratos e as vitaminas presentes nos alimentos. Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes externas, impedindo o ataque sobre os lipídios, aminoácidos, ácidos graxos poliinsaturados e bases do DNA, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular (BIANCHI; ANTUNES, 1999). A oxidação nos sistemas biológicos tem sido relacionada com a etiologia de diversas doenças (SOUZA *et al.*, 2000).

As lesões causadas pelo processo oxidativo *in vivo*, induzidas por radicais livres, devem ser removidas das macromoléculas pelos sistemas de reparo, para evitar alterações das funções celulares (CAMOUGRAND; RIGOULET, 2001). Além da oxidação das lipoproteínas de baixa densidade e, conseqüentemente, o aumento do risco de aterosclerose, tais alterações estão associadas a várias condições clínicas, como lesão das fibras cardíacas, iniciação e progressão da carcinogênese, inflamações crônicas, diabetes, doenças auto-imunes e degenerativas (CHENG *et al.*, 2001).

Dentre os fatores de risco para as doenças cardiovasculares, a oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) tem sido considerado um dos mais significativos. Nesse contexto, há relatos do efeito antioxidante do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) sobre a oxidação dessa lipoproteína, *in vivo* e *in vitro*, assim como a ação antioxidante da chá de *Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze (SIMÕES *et al.*, 2001).

A LDL uma vez oxidada dentro da artéria induz o acúmulo de monócitos, os quais penetram na parede da artéria onde diferenciam-se em macrófagos. O processo oxidativo faz com que os macrófagos incorporem essa LDL oxidada, resultando em células espumosas e, conseqüentemente, formação do ateroma (SOUTHON, 2000). Os fatores que têm sido associados à susceptibilidade das lipoproteínas de baixa densidade à oxidação incluem o teor de substâncias antioxidantes, tamanho da partícula lipoprotéica e sua composição em ácidos graxos (SCHWAB, 2000).

O chá de erva-mate é uma das bebidas que apresenta quantidades significativas de compostos fenólicos de interesse nutricional, como flavonóides, ácidos fenólicos e taninos (MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000). A suplementação da dieta com frutas, legumes e bebidas, como o chá de erva-mate, são benéficos para a saúde, pois esses alimentos apresentam antioxidantes naturais considerados funcionais e responsáveis por proteger o organismo contra os danos oxidativos gerados pelos radicais livres (FILIP *et al.*, 2000; SCHINELLA *et al.*, 2000).

As evidências sobre o efeito protetor dos compostos fenólicos do chá têm sido obtido em animais de experimentação, enquanto estudos epidemiológicos em humanos são apenas sugestivos e não conclusivos. É importante ressaltar que esses efeitos benéficos dos compostos fenólicos são observados em concentrações baixas, usualmente consumidas por humanos (SGARBIERI; PACHECO, 1999).

A bebida à base de chá pode ser considerada alimento funcional, pois desempenha funções que vão além das propriedades nutricionais conhecidas, por conter substâncias que atuam no organismo, modulando funções bioquímicas e fisiológicas, que resultam em maior proteção à saúde, retardando inclusive processos

patológicos que conduzem a doenças crônicas (SGARBIERI; PACHECO, 1999; MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000).

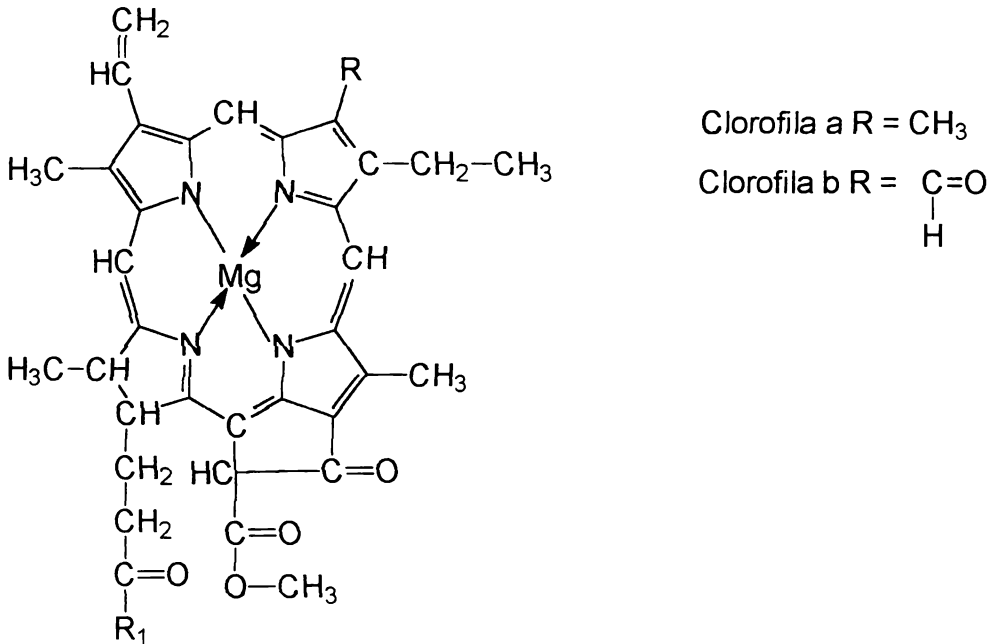
2.3.3. Clorofila

Os cloroplastos são organelas intracelulares do mesófilo das folhas, responsáveis pelo armazenamento da clorofila presente em algas e plantas verdes (CARRER, 2000). A molécula de clorofila é responsável pelo processo fotossintético desde a captação de energia luminosa até a formação de compostos orgânicos, assimilação de nitrogênio, síntese e armazenamento de amido e a biossíntese de aminoácidos e lipídios (STRYER, 1996). O nitrogênio está presente na composição estrutural da molécula de clorofila na porção porfirina. Portanto, os teores foliares de clorofilas podem ser utilizados como indicadores para a determinação de nitrogênio absorvido pelas plantas (DECARLOS, 2002).

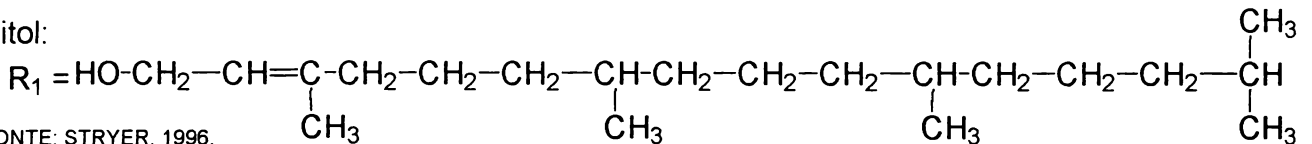
A eficiência fotossintética está relacionada ao teor de clorofila, afetando desta forma o crescimento da planta. Em presença de luz é constantemente sintetizada e destruída pelo processo da foto-oxidação, sendo a velocidade de degradação diretamente proporcional à intensidade luminosa. O teor de clorofila varia muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie (NOGUEIRA; SILVA JUNIOR, 2001).

O pigmento verde encontrado em plantas utilizadas na alimentação é constituído por uma mistura de dois compostos denominados de clorofila (a) e clorofila (b), que ocorrem aproximadamente na proporção de 3:1 (STEET; TONG, 1996). A clorofila (a) e (b) possuem quatro átomos de nitrogênio dos pirróis que são coordenados a um átomo de magnésio. Estruturalmente, a diferença ocorre no carbono três onde a clorofila (a) contém um grupo metil e a clorofila (b) apresenta um grupamento formil. A clorofila apresenta em sua molécula um álcool altamente hidrófobo, esterificado com uma cadeia lateral ácida, sendo denominado de fitol. Sua estrutura química, apresentada na Figura 3, é constituída por um anel tetrapirrólico denominado porfina ou porfirina (STRYER, 1996).

FIGURA 3 – ESTRUTURA QUÍMICA DA CLOROFILA.



Fitol:



FONTE: STRYER, 1996.

No processamento de alimentos vegetais, a reação mais importante é sem dúvida a facilidade com que o magnésio é substituído por prótons, pela ação de ácidos diluídos, com formação de feofitinas, as quais apresentam cor verde oliva que prejudica a aparência de alimentos rico em clorofilas (ELBE; SCHWARTZ, 2000). Adicionalmente, ocorre a substituição do íon magnésio da clorofila por metais divalentes. Os complexos formados com cobre têm cor verde brilhante, tornando os alimentos mais atraentes (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

A degradação de clorofila pode ser retardada com a redução do teor de umidade e atividade de água. À baixa atividade de água, as clorofilas são mantidas em compartimentos não reativos, onde a água não está disponível para reação de formação de feofitina. A redução da quantidade de clorofila é proporcional ao aumento da temperatura, existindo uma rápida transformação a 20° C em relação a temperaturas mais baixas, entre 10° C e 0° C (SCHWARTZ; NUNEZ; MUNOZ, 1999).

O processamento industrial com altas temperaturas em um curto espaço de tempo tem sido utilizado para preservar a cor verde em vegetais. Esse procedimento apresenta bons resultados, mas durante o armazenamento ocorre a degradação da clorofila. A redução da atividade de água em produtos desidratados pode reduzir a taxa de degradação da clorofila em feofitinas (CANJURA; SCHWARTZ; NUNES, 1991).

A influência da temperatura na degradação da clorofila foi avaliada em diferentes produtos. Estudos conduzidos por CANJURA; SCHWARTZ; NUNES (1991) com purê de espinafre, SCHWARTZ; NUNEZ; MUNOZ (1999) com polpa de kiwi e STEET; TONG (1996) com pêras demonstraram que a cinética de degradação da clorofila segue uma reação de pseudo primeira ordem. O comportamento da temperatura pode ser descrito utilizando a equação de Arrhenius. A cinética de degradação da clorofila segue uma reação de primeira ordem. A velocidade de degradação da clorofila (a) é 2,5 vezes mais rápida que a clorofila (b) em diferentes binômios de temperatura e pressão (VAN LOEY *et al.*, 1998).

A degradação química da molécula de clorofila ocorre quando da exposição à luz, aquecimento, presença de oxigênio e altos níveis de atividade de água. A taxa de destruição da clorofila está relacionada com o aumento de ácidos que se desprendem dos tecidos com o aquecimento (SCHWARTZ; NUNEZ; MUNOZ, 1999). Durante o processamento térmico, a clorofila se degrada transformando em feofitina, mudando de cor verde brilhante a parda oliva, dependendo da quantidade de ácido formado durante o processamento e armazenamento (SCHWARTZ; LORENZO, 1991).

2.4 QUALIDADE DA ERVA-MATE

A qualidade de um produto, alimento ou bebida é o conjunto de critérios que caracterizam a matéria-prima para o uso e aplicação industrial a qual se destina. A qualidade da matéria-prima vegetal é a determinante da qualidade do produto final. A partir da estimativa de parâmetros de qualidade para a matéria-prima, considerando um planejamento adequado e o controle do processo de produção, a qualidade do produto industrializado estará assegurada (CHAVES, 1994).

Na análise de alimentos, os testes objetivos são complementados com os subjetivos. Os testes objetivos, constituídos pelas determinações físico-químicas e microbiológicas, fornecem subsídios para avaliação da qualidade e das condições de boas práticas de fabricação durante as etapas de produção, armazenagem e distribuição de alimentos (LIRIO *et al.*, 2001). No teste subjetivo, os indivíduos que participam atuam como os instrumentos na avaliação sensorial. O julgador pode ser selecionado pela sua acuidade e disponibilidade de tempo em participar dos testes sensoriais (DUARTE, 2000). Os testes podem ser conduzidos com uma equipe pequena, porém com elevada sensibilidade e habilidade em detectar e expressar diferenças em alimentos (FERREIRA *et al.*, 2000).

2.4.1 Características físico-químicas

2.4.1.1 Atividade de água

A atividade de água (Aa) tem sido considerada uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. A atividade de água é medida como umidade relativa de equilíbrio (%URE), sendo definida como a relação entre a pressão de vapor da água no alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (Po) a uma mesma temperatura. Essa relação é válida considerando que a pressão de vapor segue a lei dos gases ideais (NOREÑA *et al.*, 1996).

O grau de disponibilidade de água em um alimento pode ser definido como atividade de água, sendo definida como a relação entre a fugacidade da água no alimento (f) e a fugacidade da água pura em uma mesma temperatura (fo). No equilíbrio existe uma relação entre a Aa de um alimento e a umidade relativa no equilíbrio do ar no ambiente fechado em que se encontra, e portanto é sempre 100 vezes maior que o valor de Aa (DITCHFIELD, 2000).

$$Aa = \frac{\%URE}{100} = P/Po \quad (1)$$

2.4.1.2 Umidade

O teor de umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. O resíduo obtido após a secagem é denominado de resíduo seco (IAL, 1985).

O excesso de umidade em vegetais permite a ação de enzimas, possibilitando a degradação de constituintes químicos e o desenvolvimento de fungos e bactérias (SIMÕES *et al.*, 2001). As alterações em alimentos podem ocorrer tanto pelo ganho como pela perda de umidade. O ganho de umidade ocorre em alimentos de baixa atividade de água, ocasionando a deterioração do produto devido ao crescimento microbiológico, alterações sensoriais, atividade enzimática, aglomeração e perdas nutricionais. A perda de umidade em alimentos também acarreta em alterações de ordem química, física e sensoriais (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

2.4.1.3 Potencial de hidrogênio (pH)

O alimento é considerado ácido ou alcalino em função da sua concentração de íons hidrogênio. Sendo assim, os fenômenos de acidez e alcalinidade dependem da ionização das substâncias. O potencial de hidrogênio (pH) de uma solução refere-se à concentração molar de íons de hidrogênio (expressas por concentração de íons H⁺). Quanto maior a concentração de íons H⁺ mais ácido é o alimento, sendo convenientemente definido como pH (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1996):

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \quad (2)$$

Para finalidades práticas, a escala de pH varia de 0 a 14. É importante compreender que é uma escala logarítmica. Por exemplo, o pH de 5,0 representa que a acidez é 10 vezes maior do que o pH de 6,0 (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1996).

Os alimentos produzidos pela natureza e consumidos pelo homem em sua maioria são alimentos ácidos. As frutas apresentam pH entre 3,0 e 4,5; e as hortaliças têm o pH variando de 4,6 a 6,5. Os valores de pH em alimentos é um dos principais

fatores que exercem influência sobre o crescimento, sobrevivência e/ou destruição dos microrganismos que nele se encontram presente (SILVA, 2000).

2.4.2 Características microbiológicas

Os vegetais podem conter um grande número de fungos e bactérias, provenientes do solo, pertencentes à microflora natural de certas plantas ou mesmo contaminadas durante o processamento e manipulação. Dependendo das condições de manejo, secagem e armazenamento, microrganismos viáveis podem desenvolver-se, intensificando a contaminação (WHO, 1998).

O desenvolvimento microbiano nos alimentos é condicionado por diversos fatores ambientais como temperatura, umidade relativa, denominados extrínsecos e por fatores intrínsecos, sendo os principais a atividade de água, pH, potencial redox e a composição química do alimento (LEITÃO, 1987).

O Ministério da Saúde estabelece, na resolução RDC n.º 12, as pesquisas microbiológicas de interesse sanitário. Para os produtos alimentícios consumidos após adição de água com emprego de calor, como é o caso da erva-mate, devem ser determinadas a contagem de coliformes a 45° C, com limite máximo de 10/g (NMP/g) e a pesquisa de *Salmonella spp.* sendo estabelecido a ausência em 25g do produto (BRASIL, 2001b). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece para chás consumidos na forma de infusão ou decocto as contagens de bactérias mesófilas com limite máximo de 10^7 UFC/g, e de bolores e leveduras com limite máximo de 10^4 UFC/g (WHO, 1998).

2.4.3 Características sensoriais

As indústrias de alimentos utilizam a análise sensorial como um instrumento fundamental para o sucesso de um novo produto, e estão empregando isto em todo ciclo do produto, iniciando no desenvolvimento de novos produtos, ajuste de formulações e avaliação da vida-de-prateleira. Dessa forma, é possível assegurar consistência e dar antecipadamente um sistema preventivo relacionado à qualidade (HOLLINGWORTH, 1998).

Para avaliação da infusão de erva-mate deve-se dar preferência ao treinamento de indivíduos consumidores habituais de chimarrão (DUARTE, 2000). Para a análise sensorial de bebidas quentes como café e chá é recomendado proceder o teste com temperatura da infusão entre 62 a 68° C, segundo o relato de provadores (BORCHGREVINK *et al.*, 1999).

Para o consumidor, os atributos cor e aparência de um alimento ou bebida contribuem para maior aceitabilidade desses. Sabe-se que certos alimentos devem ter uma determinada forma, tamanho e cor, e que se não apresentarem as características desejadas serão rejeitados. As alterações sensoriais como cor, sabor, aroma e aparência são de grande importância, pois limitam a vida-de-prateleira de produtos assim como determinam a qualidade e a aceitabilidade dos alimentos (ORTIZ, 1982; TEIXEIRA *et al.*, 1987).

2.4.3.1 Cor

A cor é o atributo de qualidade dos alimentos, tanto os naturais como dos processados, mais atrativo para o consumidor. A aceitabilidade de um alimento depende de sua aparência, embora, em alguns casos, a cor não está correlacionada com o valor nutritivo e com a qualidade própria de consumo do produto (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987). Dessa forma, a aparência desses produtos exerce efeito estimulante ou inibidor do apetite. Por esta razão, as indústrias alimentícias adicionam corantes para a obtenção de alimentos que agradem aos olhos do consumidor (FREUND; WASHAN; MAGGION, 1988).

A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos e naturais. Durante o processamento e armazenamento de alimentos pode haver formação de substâncias coloridas, como é o caso do caramelo, melanoidinas e feofitinas. Os pigmentos naturais abrangem os compostos heterocíclicos como a clorofila, bilinas, flavonóides, taninos e as estruturas isoprenóides como os carotenóides (GNANASEKHARAN *et al.*, 1992).

A cor verde da erva-mate está relacionada à concentração de clorofila. Cada etapa do processamento é responsável pela redução deste componente. Em geral, o

processamento da erva-mate apresenta quatro etapas: tratamento com calor, sapeco e secagem, cancheamento e armazenagem ou estacionamento. Durante este último estágio, a erva-mate perde considerável porcentagem de clorofila. Portanto, quando o produto é processado para o mercado brasileiro, a última etapa é evitada ou minimizada (MORAWICKI; SCHMALKO; KANZIG, 1999).

As altas temperaturas do processamento térmico de vegetais verdes leva a alterações de cor, de verde esbranquiçado a verde amarronzado, devido à conversão da clorofila para feofitina, sob ação de ácidos presentes nos alimentos, que são liberados durante a exposição ao calor (FENNEMA, 2000).

Dentre os atributos sensoriais da erva-mate, a cor constitui o primeiro critério utilizado pelo consumidor para aceitabilidade da qualidade do produto (RUCKER, 2000). Os alimentos e bebidas são rejeitados se esses não apresentarem a forma, tamanho, aparência e cor que os caracterizem. O consumidor evita consumir alimentos que são diferentes em tonalidade e intensidade do esperado (MONTEIRO, 1984). A aparência do alimento influi na opinião do consumidor com relação a outros atributos desse produto, decisão de compra e conseqüente consumo (FERREIRA *et al.*, 2000).

Os consumidores quando selecionam a erva-mate para consumo julgam a cor uma referência de qualidade. Os países Brasil e Argentina, como maiores consumidores de erva-mate, apresentam diferentes preferências quanto à cor. Os argentinos consomem geralmente um produto com cor verde oliva a amarelo dourado, enquanto os brasileiros preferem o verde (MORAWICKI; SCHMALKO; KANZIG, 1999).

2.4.3.2 Sabor

O sabor característico do chimarrão pode ser considerado amargo. Esse atributo e o teor de sólidos totais na bebida diminuem à medida que aumenta o número de extrações durante o consumo com água quente em cuias. A bebida pode apresentar variação do amargor, provavelmente, em função da quantidade de erva, tipo do produto (porcentagem de folhas e ramos) e da forma utilizada no seu preparo (DUARTE, 2000).

O sabor amargo da bebida com erva-mate pode ser atribuído pela presença de diferentes concentrações e componentes químicos, como os compostos fenólicos.

Esses compostos participam de processos bioquímicos responsáveis pela formação de cor, adstringência, aroma e sabor em alimentos de origem vegetal (SOARES, 2002). A cafeína é um dos mais importantes alcalóides do café, e que com respeito ao sabor dessa bebida contribui no máximo com 10% do sabor amargo. A nutrição mineral da planta e os fatores edafoclimáticos da região de cultivo podem conferir variações nas concentrações das substâncias químicas presentes nas folhas e ramos, e posteriormente no produto industrializado (MAZZAFERA, 1999).

A inativação das enzimas das folhas contribuem para a caracterização do sabor e aroma da erva-mate, que dependem quase exclusivamente da presença dos compostos químicos nas folhas verdes e dos compostos que são formados no processo de desidratação. O chá da erva-mate apresenta como principal característica em seu sabor o amargor e a adstringência (LEPREVOST, 1987). Os polifenóis, como as catequinas, teflavinas e ácidos fenólicos, presentes no chá verde, são responsáveis, em média, por 75% da adstringência e amargor dessa bebida. A cafeína também contribui com o amargor por complexos que forma com as catequinas (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

2.4.3.3 Aroma

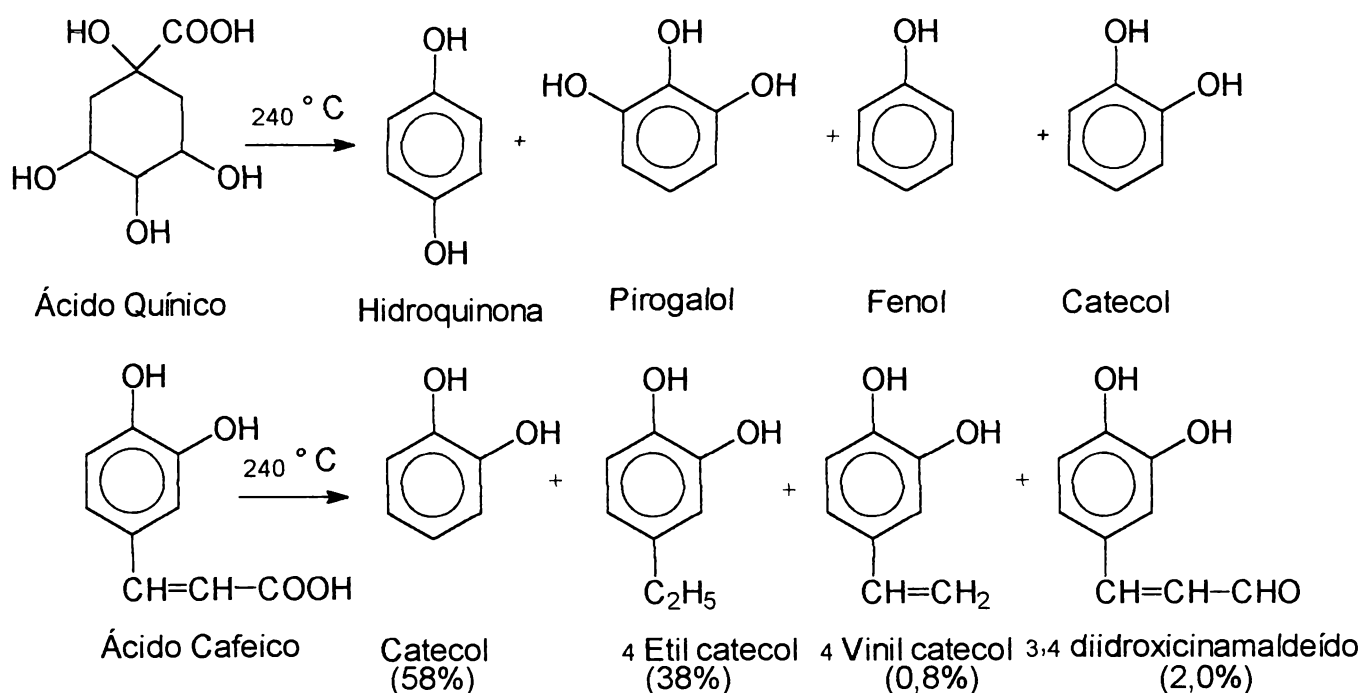
O aroma é uma característica perceptível pelo órgão olfativo via retronasal durante a degustação. Portanto, o odor ocorre quando compostos fitoquímicos voláteis que se desprendem dos alimentos e bebidas se volatilizam na cavidade nasal e sensibilizam os receptores que levam impulsos elétricos ao cérebro. O sentido do olfato é complexo e sujeito a variáveis como a fadiga e adaptação (MONTEIRO, 1984; TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

O aroma e o sabor do chá de erva-mate apresentam variações em função do processo de sapeco e secagem, onde o binômio tempo e temperatura de processamento influenciam na degradação de compostos fitoquímicos. O material utilizado para gerar calor no processo industrial de secagem pode conferir odores diversos a erva-mate como os de fumaça, floral, madeira, tostado e azedo (KAWAKAMI; KOBAYASHI, 1991). Os compostos químicos responsáveis pela formação do aroma em

alimentos são numerosos e suas combinações não são facilmente determinadas. São também difíceis de se identificar as enzimas que contribuem para a biossíntese de aromas típicos do alimento e também para os aromas indesejáveis (FENNEMA, 2000).

Os compostos fenólicos responsáveis pela formação de aroma no café são os ácidos fenólicos. A principal via de formação desses ácidos voláteis, Figura 4, é a degradação dos ácidos fenólicos livres (ácido p-cumárico, ferúlico, cafeico e quínico) durante tratamento térmico (MOREIRA; TRUGO, 2000).

FIGURA 4 – DEGRADAÇÃO DOS ÁCIDOS QUÍNICO E CAFEICO.



FONTE: MOREIRA; TRUGO, 2000.

A degradação de ácidos fenólicos livres é pequena no produto verde, aumentando quando submetidos a tratamento térmico. Esse aumento está relacionado à degradação dos ácidos clorogênicos (ácido quínico e ácido cafeico), contribuindo assim para a formação do aroma (MOREIRA; TRUGO, 2000).

Nas folhas de erva-mate assim como nos grãos de café, a formação de compostos aromáticos ocorre na etapa de tratamento térmico. Na erva-mate isso ocorre no sapeco e secagem, no café na torrefação. A resposta física ao aquecimento é

diferenciada. Com o café, na torrefação, ocorre expansão de volume dos grãos e, na folha de erva-mate contração, modificação assim a aparência desses produtos (VALDUGA; FINZER; MOSELE, 2003).

2.5 VIDA-DE-PRATELEIRA

A vida-de-prateleira ou vida útil de um alimento pode ser definida como o tempo, sob determinada condição de estocagem, que o produto leva para atingir uma condição inaceitável ou imprópria para consumo (FU; LABUZA, 1993). Esta inaceitabilidade do alimento pode estar relacionada com diversos aspectos como: presença de microrganismos patogênicos e deteriorantes, alterações organolépticas, alterações físico-químicas, perda de valor nutricional e contaminantes provenientes da embalagem (PADULA, 1996).

Para determinação da vida-de-prateleira de um alimento é necessário conhecer as principais reações de transformação e fatores envolvidos no processo de deterioração. Os fatores de maior relevância são a influência da temperatura, umidade relativa, atividade de água e luz (LABUZA, 1984). A vida útil de um alimento depende basicamente de quatro fatores, como a formulação, processamento, tipo de embalagem e as condições de estocagem e transporte (CABRAL; FERNANDES, 1980).

A previsão das mudanças na qualidade dos produtos alimentícios em função do tempo e das condições ambientais, muitas vezes, é de difícil entendimento e determinação devido o alimento ser um sistema complexo com inúmeras reações químicas que estabelecem a qualidade do produto (VITALI; QUAST, 1996).

A embalagem e as condições de estocagem devem ser definidas em função do período de vida-de-prateleira desejado. Dessa forma, as características de cada produto e a ação de deterioração que sofrem em função dos fatores de degradação, como luz, temperatura, umidade relativa, gases (O_2 , CO_2 , inertes, etileno), pressão e danos mecânicos, influenciam na especificação do material de embalagem (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

2.5.1 Degradação em alimentos desidratados

Os principais fatores de deterioração de vegetais desidratados são a oxidação de lipídios, reações de escurecimento não enzimático, adsorção de umidade, reações de oxidação de vitaminas e oxidação de pigmentos como clorofilas e carotenóides (PADULA; OLIVEIRA, 1987). A adsorção ou ganho de umidade leva a alterações sensoriais, crescimento microbiano, favorece a degradação da clorofila e promove o escurecimento enzimático (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

2.5.1.1 Reações de escurecimento enzimático

As enzimas são macromoléculas protéicas específicas, denominadas de catalisadores de sistemas biológicos e que determinam o perfil das transformações bioquímicas. São altamente específicas tanto na reação catalisada como na sua seleção de reagentes, os quais em organismos vegetais e animais são denominados de substratos devido à sua complexidade química (STRYER, 1996).

As características marcantes das enzimas são a sua atividade catalítica, devido ao seu poder de ativação e da sua especificidade na conversão de substratos em produtos. A aplicação de calor a uma temperatura suficientemente adequada, por determinado período de tempo, promove a inativação das enzimas, propriedade essa de interesse em tecnologia de alimentos (WHITAKER, 2000).

A atividade enzimática em alimentos pode ser afetada por determinadas condições químicas e físicas, que modificam a sua estrutura, aumentando ou diminuindo assim sua atividade. A velocidade de uma reação catalisada enzimaticamente é em geral diretamente proporcional à concentração de enzima ativa e depende também de uma forma complexa da concentração do substrato, inibidor, cofator, temperatura e pH (FENNEMA, 2000).

As enzimas presentes no alimento se não forem devidamente inativadas podem agir como catalisadores de reações de degradação, dando origem a cor, textura, sabor e odor indesejáveis (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). As reações enzimáticas em alimentos são bloqueadas quando a concentração de umidade é reduzida com o processo de desidratação, devido à perda da mobilidade do substrato.

A o-benzoquinona é instável e sofre novamente uma reação de oxidação, não catalisada enzimaticamente, que participa posteriormente das reações de polimerização para dar origem as melanoidinas, caracterizadas pelo aparecimento da coloração marrom-escura. Essa coloração não é desejável em bananas, maçãs e batatas; porém são desejáveis para o processamento do café, cacau e chá preto (WHITAKER, 2000).

O escurecimento de frutas e vegetais está relacionado com o conteúdo de compostos fenólicos. Assim, a formação de pigmentos amarelos e marrons durante a manipulação e processamento de alimentos vegetais pode ser controlada pelo teor de polifénóis, presença de oxigênio e atividade da polifenoloxidase (MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000).

Dentre os métodos utilizados para evitar o desenvolvimento do escurecimento enzimático durante o processamento de alimentos, podem ser citados a exclusão do oxigênio, emprego de acidulantes, inativação térmica das enzimas e o uso de inibidores químicos (PASCHOALINO, 1991).

2.5.1.2 Escurecimento não enzimático

As alterações não enzimáticas são decorrente da reação de Maillard que envolve aminoácidos e açúcares redutores, determinando coloração e sabor no produto final. As tonalidades de cor e mudança de sabor são as vezes efeitos desejados, mas em outros casos de ocorrência desnecessária e inconveniente (BOBBIO, 2001).

A maioria dos alimentos desidratados está sujeito ao escurecimento não enzimático. Esta complexa reação de escurecimento origina compostos conhecidos como melonoidinas que são polímeros nitrogenados de coloração escura, resultando em sabor amargo e odor envelhecido (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

O estudo dessa reação em alimentos desidratados é de importância, tendo em vista a perda de valor nutritivo. Há de se considerar, no entanto, que o processo de desidratação responde pela maior parte destas perdas, quando comparadas com aquelas relativas à estocagem. Durante a estocagem, essas reações também ocorrem, mas dependentes de fatores como temperatura e atividade de água (TEIXEIRA NETO; JARDIM, 1996). A taxa de escurecimento aumenta com o aumento da atividade de

água, sendo máxima em Aa de 0,4 a 0,8. O escurecimento diminui significativamente a valores de Aa abaixo desses valores (ROBERTSON, 1993).

2.5.1.3 Influência da atividade de água

A atividade de água é uma forma de expressar a quantidade de água em um alimento que encontra-se disponível para reações deteriorativas e o desenvolvimento de microrganismos. Durante a estocagem, o estudo de deterioração de produtos alimentícios desidratados envolve o conhecimento da velocidade de reações específicas, em função da temperatura e da atividade de água (PADULA; OLIVEIRA, 1987).

O processamento e a conservação de alimentos têm como objetivo comum a obtenção de alimentos palatáveis e de vida útil prolongada, para permitir a sua estocagem, distribuição e consumo dentro de prazos razoáveis de utilização (TEIXEIRA NETO, 1999). As etapas com aplicação de calor no processamento de vegetais visa reduzir a umidade do alimento com conseqüente diminuição da atividade de água, com o objetivo de controlar o desenvolvimento microbiológico e alterar de maneira diferente, mas bem definida as velocidades das reações de degradação (OKADA *et al.*, 1999).

O teor de umidade é um parâmetro importante para a conservação de alimentos processados, mas a atividade água tem sido o parâmetro de preferência, por estimar ou representar melhor a quantidade de água disponível para intervir nas transformações biológicas, físicas e químicas que ocorrem nos alimentos (TEIXEIRA NETO; JARDIM, 1996).

Os valores de atividade de água no intervalo de 0,40 a 0,80 favorecem as reações químicas e enzimáticas rápidas pelo aumento das concentrações de reagentes. Como reações químicas, pode-se citar o escurecimento não enzimático, também conhecido como reação de Maillard. Esta reação é considerada como fator determinante na deterioração de alimentos durante a estocagem, principalmente em elevadas temperaturas de comercialização (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

As reações enzimáticas em alimentos não ocorrem com atividade de água menor 0,40. Dessa forma, os alimentos desidratados de modo geral não apresentam atividade enzimática, que pode entretanto iniciar-se, caso o produto absorva umidade do ambiente onde é armazenado (FENNEMA, 2000).

A atividade de água determina os limites mínimos de água disponível para o crescimento microbiano. A maioria das bactérias não se desenvolve em A_w menor que 0,91 e para fungos em A_w abaixo de 0,80 (PADULA; OLIVEIRA, 1987). Em geral, a atividade de água mínima para a produção de toxinas é freqüentemente maior que para o crescimento de microrganismos (SARANTOPÓULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

2.5.1.4 Influência da temperatura

A temperatura, tanto durante as várias fases de seu processamento quanto durante o período de estocagem e pré-consumo, tem estabelecido a vida útil de alimentos (LABUZA, 1984). A aplicação de calor atende a vários objetivos, como a destruição de patógenos e de microrganismos deterioradores, inativação de enzimas, redução da umidade e o amolecimento de tecidos. Paralelamente a estas reações desejáveis, outras reações indesejáveis também ocorrem, como é o caso da degradação de nutrientes e alteração de cor e reações de escurecimento não enzimático (TEIXEIRA NETO; JARDIM, 1996).

2.5.1.5 Crescimento microbiano

O crescimento microbiano é fator preponderante na manutenção da qualidade de alimentos. A erva-mate é um produto desidratado, sendo enquadrada na categoria dos alimentos não perecíveis, pois podem ser estocados à temperatura ambiente sem que ocorra crescimento microbiano em escala tal que implique em sua deterioração (CABRAL; FERNANDES, 1980).

O alimento é uma fonte importante de contaminação microbiológica e para sua conservação geralmente sofre processamento visando a diminuição dos microrganismos deterioradores e a eliminação dos patogênicos. As deteriorações de origem microbiana em alimentos dependem de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os

fatores intrínsecos são inerentes ao substrato e os principais são a atividade água, o pH e a composição química do alimento. Os fatores extrínsecos são os que dependem das condições externas ao substrato, como umidade relativa, temperatura e oxigênio atmosférico (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

O conhecimento do nível de contaminação inicial e o máximo final admissível para o consumo seguro são de extrema importância. Para atingir uma preestabelecida carga inicial reduzida antes da embalagem e estocagem do alimento, a maioria dos processos de conservação utiliza o calor para a destruição e controle dos microrganismos ou para modificar fatores que determinam o crescimento microbiológico (EIROA, 1999).

A atividade água (Aa) estabelece a disponibilidade mínima de água para o crescimento de microrganismos e para a ocorrência de reações deteriorantes de natureza física, química ou enzimática em alimentos desidratados. A maioria das bactérias não cresce em Aa menor que 0,91 os fungos interrompem o seu crescimento em Aa menor que 0,80. A atividade água mínima para produção de toxinas é freqüentemente mais alta do que para o crescimento do microrganismo (CABRAL; ALVIM, 1981).

Os fatores ambientais afetam os níveis mínimos de atividade água necessários para o desenvolvimento de microrganismos. O princípio geral é que quanto mais agressivo for o ambiente ao microrganismo (temperatura, pH, oxigênio e ausência de nutrientes) tanto maior a atividade água mínima de crescimento. Supondo que o produto seja desidratado em condições ótimas, a função da embalagem no caso é de minimizar ou impedir a passagem do vapor d'água para o seu interior, evitando dessa forma que a atividade água do produto atinja níveis que possibilitem o desenvolvimento microbiano (CABRAL; ALVIM, 1981).

2.5.1.6 Alterações sensoriais

Todas as alterações citadas levam a alterações sensoriais e muitas vezes, por ser difícil isolar um único tipo de reação e o seu mecanismo de atuação, lança-se mão de avaliações sensoriais do alimento, utilizando pessoas treinadas e não

treinadas (DUTCOSKY, 1996). A qualidade de um alimento é avaliada pelo consumidor pelas suas características sensoriais, destacando-se dentre elas a cor como consequência da presença de pigmentos naturais. As alterações de cor nos alimentos podem ter diferentes origens, variando desde o escurecimento não enzimático até a oxidação de pigmentos (CABRAL; SOLER; MADI, 1977; CABRAL; FERNANDES, 1980).

A oxidação de pigmentos põe fim a vida útil de produtos alimentícios; em vegetais os pigmentos susceptíveis à mudança são as clorofilas, antocianinas e carotenóides (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). A taxa de degradação e oxidação da clorofila é influenciada pelo aumento da atividade água e pela ação da luz. A clorofila apresenta-se estável em atividade de água próxima de 0,11 (TEIXEIRA NETO, 1999).

O ponto mais importante de um estudo de vida-de-prateleira está centrado no sabor e aroma do alimento. Normalmente, esses atributos são influenciados pela temperatura e umidade relativa do ambiente de estocagem, oxigênio presente na atmosfera interna das embalagens e o teor de umidade e atividade de água do alimento (CABRAL; SOLER; MADI, 1977).

2.6 EMBALAGEM

As embalagens para produtos alimentícios são descritas como artigos complexos, dinâmicos e científicos que estão em contato direto ou não com os alimentos. São destinadas a informar o consumidor do seu conteúdo, conter o produto desde a sua fabricação até o consumo, proteger e preservar o alimento de agentes externos e adulterações. A preservação da qualidade dos alimentos está diretamente relacionada com o tipo de embalagem utilizada, às características do produto e o sistema de distribuição empregado (BRASIL, 2001a).

Os materiais destinados ao contato com os alimentos têm grande importância do ponto de vista tecnológico, microbiológico e sanitário. Um dos princípios básicos das embalagens é de proteger os alimentos durante todo o período de vida útil, evitando que fatores extrínsecos (luz, oxigênio, umidade) deteriorem o produto e, dessa forma,

apresentá-los de maneira conveniente para comercialização e consumo (ROBERTSON, 1993). As embalagens flexíveis são utilizadas para o acondicionamento de diferentes produtos alimentícios como desidratados, misturas em pó, grãos, salgadinhos (*snacks*), café, erva-mate, refrigerados e congelados (TEIXEIRA NETO; VITALI, 1996).

Para determinar a embalagem mais adequada para determinado produto, considerando a função de proteger, é necessário especificar as características do alimento a ser embalado e discorrer sobre suas principais alterações de qualidade. A possível minimização dessas alterações pode ser obtido pelo uso de embalagens compatíveis com a conservação dos atributos do produto (CABRAL; ALVIM, 1981).

Para indústria de alimentos, é de vital importância dispor de meios para proteger seus produtos de danos físicos e mecânicos durante o transporte e contra a ação de agressores do meio externo, como oxigênio, vapor d'água, gases, odores e luz (ALVES, 1996). Essa proteção atribuída à embalagem pode ser denominada de propriedades de barreira que apresentam a função de dificultar e/ou impedir o contato entre ambiente externo e interno da embalagem. As características de barreira da embalagem estão intimamente relacionadas à vida útil dos produtos alimentícios (GARCIA *et al.*, 1989).

2.6.1 Função da embalagem

A capacidade de uma embalagem de resistir à absorção ou à evaporação de gases e vapores, resistir à permeação de lípidos e à passagem de luz é definida como barreira (GARCIA *et al.*, 1989). As características de barreira de uma embalagem estão intimamente relacionadas à estabilidade química, física, sensorial e microbiológica (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

Os produtos desidratados alteram-se com o tempo de estocagem devido a reações de oxidação e degradação de pigmentos, escurecimento enzimático e não enzimático, alterações físicas, senescência e oxidação de lípidos, compostos aromáticos e vitaminas (ROBERTSON, 1993). Esses alimentos quando embalados podem apresentar um maior período de vida-de-prateleira se protegidos do contato com oxigênio e umidade (ALVES, 1996).

A deterioração devido ao ganho de umidade acarreta efeitos indesejáveis como aglomeração, crescimento microbiológico, perdas nutricionais e alterações de cor e sabor. Para esses alimentos, a embalagem deve funcionar como uma barreira ao vapor d'água, de modo a assegurar a sua estabilidade (OLIVEIRA *et al.*, 1996). O aumento da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) para filmes sintéticos é influenciado pelo aumento da temperatura quando mantido a umidade relativa constante. O mesmo ocorre variando-se a umidade relativa, quando altas temperaturas são mantidas constantes. Esse ganho de umidade ocorre devido o aumento da temperatura causar alterações na estrutura física dos polímeros, dilatando-os, aumentando assim a taxa de permeação (FARRO *et al.*, 2002).

Os produtos susceptíveis à ação do oxigênio exigem embalagens que apresentem barreira à taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) e à redução da quantidade de oxigênio no interior da embalagem, sendo utilizados processos de envase a vácuo, atmosfera modificada e inertização (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001). A velocidade das reações de oxidação para alimentos desidratados depende da temperatura de estocagem, grau de umidade, atividade de água e luz. Os efeitos da oxidação são a formação de compostos voláteis que causam o desenvolvimento de aroma e sabor desagradáveis e as alterações de coloração devido à oxidação de pigmentos como clorofila e carotenóides (TEIXEIRA NETO; VITALI, 1996).

As principais variáveis do material de embalagem com relação à taxa de permeabilidade são a área e a espessura dos filmes sintéticos e algumas características da estrutura do polímero. A taxa de permeabilidade é inversamente proporcional à espessura do material de embalagem em um estado estacionário. A permeabilidade é influenciada pela difusão do permeante através de espaços vazios que se formam no polímero devido à ação de um gradiente de pressão ou concentração (GARCIA *et al.*, 1989).

As características da embalagem utilizada para alimentos desidratados contribuem para requisitos importantes para sua proteção, porém a qualidade da matéria-prima e do processo industrial, tipo de acondicionamento e condições de estocagem são fatores essenciais para qualidade final (ALVES, 1996). A especificação

adequada do material de embalagem a ser utilizado deve atender a critérios como espessura e/ou gramatura, propriedades de barreira, tipo do filme sintético e características mecânicas (OLIVEIRA *et al.*, 1996).

Dentre as resinas plásticas utilizadas na fabricação de embalagens flexíveis, as poliolefinas são as que apresentam maior barreira à taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA); em ordem crescente de propriedade podem ser citados o polietileno de baixa densidade, polipropileno, poliéster com polietileno de baixa densidade e polietileno de alta densidade. Essas resinas são empregadas na fabricação de filmes simples, estruturas laminadas ou co-extrusadas e filmes multicamadas (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

Quando a propriedade de barreira ao vapor d'água oferecida pelas poliolefinas não é suficiente, podem ser utilizados a metalização e a laminação com folha de alumínio ou o uso de resinas como o copolímeros de cloreto de vinilideno na forma de filme ou revestimento (GARCIA *et al.*, 1989).

As embalagens fabricadas de papel kraft e monolúcido apresentam alta permeabilidade a gases e ao vapor d'água. A embalagem de papel é constituída de duas camadas, sendo a externa para impressão gráfica e a interna como barreira à gordura. O fechamento dessa embalagem é feito com colagem, por dobras sucessivas na sua parte superior e aplicação de etiqueta adesiva, não garantindo uma vedação eficiente para proteção do produto envasado (ANJOS; STROPPIA; MENEZES, 1999).

Dados comparativos de taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) e a taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) para diferentes filmes simples são apresentados no Quadro 1. Um material que apresente uma taxa de permeabilidade ao vapor de água menor que 8,0 g/(m².dia) é considerado de alta barreira e altíssima quando menor que 0,8 g/(m².dia). Para uma taxa de permeabilidade ao oxigênio menor que 15,0 cm³/(m².dia.atm) é considerado de alta barreira e menor que 8,0 cm³/(m².dia.atm) é de altíssima barreira (GARCIA *et al.*, 1989).

QUADRO 1 - TAXAS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA) E OXIGÊNIO (TPO₂) PARA FILMES SINTÉTICOS SIMPLES COM 25 μm DE ESPESSURA.

POLÍMEROS	TPVA (g água/(m ² .dia)) a 38 °C e 90% umidade relativa	TPO ₂ (cm ³ /m ² .dia.atm) a 25 °C e 0% umidade relativa
Copolímeros de cloreto de vinilideno	3,4	0,8 – 15,5
Poliâmida biorientada	155,0 – 170,0	19 – 22
Policloreto de vinila rígido	14,0 – 77,0	108 – 124
Poliâmida 11	62,0	527 – 1426
Polipropileno biorientado	4,6-6,2	1800 – 3120
Polipropileno	11,0	2325 – 3720
Polietileno de alta densidade	4,7	2868
Policloreto de vinila plastificado	78,0 – 465	4650 – 9300
Polietileno de média densidade	12,0	3875 – 8293
Policarbonato	170,0	4650
Polietileno de baixa densidade	15,5 – 23,0	5800 – 9650

FONTE: TEIXEIRA NETO; VITALI, 1996.

2.6.2 Embalagens plásticas

Os plásticos são definidos como materiais que têm como constituinte essencial uma ou mais substâncias poliméricas orgânicas de alto peso molecular e, em algum estágio de sua fabricação ou conversão final, podem ser moldados por escoamento. Os materiais plásticos são divididos em duas classes de acordo com as características químicas e tecnológicas, conhecidos como termoplásticos e termofixos (ASTM, 1989).

As embalagens são usualmente divididas pela indústria em flexíveis e rígidas. As embalagens flexíveis são fabricadas em filmes com uma ou múltiplas camadas, com espessura média de até 380 μm. As embalagens rígidas são aquelas com formato definido e espessura superior a 380 μm. Embalagens flexíveis têm sua forma inicial alterada pelo produto, o mesmo não ocorrendo com relação às embalagens rígidas (ABNT, 1987).

2.6.3 Gramatura

A gramatura de filmes plásticos é definida como o peso de uma determinada área do material expressa em gramas por metro quadrado (g/m²). Essa característica está relacionada com a resistência mecânica do material (OLIVEIRA *et al.*, 1996). Uma

maior gramatura do filme plástico oferece também uma melhor barreira a gases e vapor d'água. Com a determinação da gramatura pode-se obter o desempenho da embalagem na sua função de proteção (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

2.6.4 Espessura

A espessura pode ser definida como a distância perpendicular entre as duas superfícies principais do material. A determinação da espessura permite também avaliar a resistência mecânica e as propriedades de barreira a gases e ao vapor d'água. A variação da espessura pode comprometer a capacidade da embalagem em proteger os alimentos. Conhecendo-se a espessura é possível obter informações teóricas sobre propriedades mecânicas e de barreira, bem como estimar a vida útil de alguns alimentos acondicionados nesse material (OLIVEIRA *et al.*, 1996; SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

2.6.5 Termossoldagem

O fechamento das embalagens flexíveis é um processo no qual dois materiais soldáveis são unidos sob determinadas condições que permitam a sua fusão por calor. A termossoldagem aplica-se a polímeros termoplásticos compatíveis ou a combinações de materiais que são recobertos por revestimentos termoplásticos (SARANTÓPOULOS *et al.*, 1986).

Para os equipamentos utilizados para o fechamento de embalagens termoprocessáveis, destacam-se as seladoras equipadas com barra aquecida e as por impulso elétrico. A qualidade da termossoldagem depende de uma série de fatores dentre os quais destacam-se o tipo de equipamento utilizado, forma de aplicação do calor, perfil do mordente de fechamento, bem como as características físicas e mecânicas do próprio material de embalagem (OLIVEIRA, 1996). Para caracterização da termossoldagem, três fatores podem ser levados em consideração, como a temperatura aplicada ao material, pressão e tempo de contato das mandíbulas (OLIVEIRA; ALVES, 1992).

A integridade da termossoldagem pode influir na vida útil do alimento, pois falhas no fechamento da embalagem constituem pontos de entrada para umidade, microrganismos e oxigênio (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002). O fechamento também deve oferecer ao produto pelo menos o mesmo nível de proteção que é conferido pelo material de embalagem, requisito esse indispensável para um desempenho final que atenda a objetivos pré-determinados (OLIVEIRA, 1996).

A integridade do fechamento de embalagens plásticas flexíveis baseia-se na capacidade de uma solução colorida com baixa tensão superficial em penetrar em pequenos poros. A penetração da solução colorida permite a detecção de falhas com diâmetro de até 20 μm (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002). Para esse teste aplica-se na parte interna da termossoldagem, com auxílio de uma pipeta, pequena quantidade de rodamina B (cor vermelha), de forma que toda a região da termossoldagem seja atingida pela solução. A visualização de solução colorida do interior para o exterior da embalagem considera-se com vazamento (OLIVEIRA *et al.*, 1996).

2.6.6 Polipropileno biorientado metalizado

O polipropileno (PP) é uma poliolefina obtida pela polimerização do propileno. É um polímero linear, com quase nenhuma insaturação. O polipropileno de interesse industrial é obtido por meio de um catalisador específico, sendo possível controlar a posição dos monômeros na formação da cadeia de forma regular, onde os grupamentos metil são posicionados acima ou abaixo do plano horizontal (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

Uma das aplicações do polipropileno é na forma de filmes biorientados (BOPP). A orientação dos filmes é um processo físico de orientação das cadeias moleculares do polímero que permite a obtenção de filmes muito finos, mas com propriedades adequadas a conversão e ao manuseio, pois promove aumento na resistência à tração e na rigidez do material. Os filmes de BOPP metalizados são boas opções em materiais barreira para estruturas laminadas, especialmente em relação ao vapor d'água e à luz (ROBERTSON, 1993).

A metalização é um processo a vácuo que permite a aplicação sobre um filme flexível de uma camada fina (10-100nm) e uniforme de um metal, normalmente o alumínio. Para mesmas condições do processo de metalização, as propriedades de barreira obtidas são proporcionais à espessura da camada do metal e às propriedades superficiais do substrato metalizado (GARCIA *et al.*, 1986a). A metalização de filmes flexíveis tem por finalidade melhorar as propriedades de barreira a gases, vapor d'água e luz dos substratos aos quais é aplicada, além de conferir aparência metálica e brilho (GARCIA *et al.*, 1986b).

2.6.7 Polietileno tereftalato

O politereftalato de etileno (PET) ou poliéster é um polímero obtido pela reação do ácido tereftálico a um etilenoglicol. Essa resina é popular como material de embalagem, especialmente no segmento de embalagens rígidas como garrafas, frascos e filmes biorientados. O PET como material de embalagem apresenta elevada resistência mecânica, aparência de brilho e transparência, barreira a gases e à umidade (GARCIA, 1997).

A aplicação do PET na área de embalagem inclui filmes biorientados para embalagens flexíveis laminadas, garrafas obtidas por injeção/sopro com biorientação para bebidas carbonatadas, água mineral, blister para a indústria farmacêutica e bandejas para forno de microondas. Os filmes de PET biorientados apresenta excelente transparência e brilho, resistência química e à tração, rigidez e estabilidade térmica. Sua barreira ao vapor d'água é média, porém pode ser melhorada com a metalização. A barreira a gases e aromas também pode ser melhorada pelo revestimento com copolímeros como o cloreto de vinilideno, metalização com alumínio e revestimento com óxido de sílica (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

2.6.8 Polietileno de alta densidade

O polietileno de baixa densidade (PEBD) foi o precursor da família de polietilenos, e é fabricado por extrusão e obtido por polimerização em fase gasosa em condições de alta pressão e temperatura. O polietileno de alta densidade é obtido pela

polimerização na fase líquida a temperaturas baixas e pressões próximas à pressão atmosférica. O polietileno pode apresentar ramificações ou cadeias laterais, em maior ou menor quantidade. O grau de ramificação e o comprimento destas cadeias laterais exercem influência considerável sobre as características do material, uma vez que são obstáculos à formação de cristais. Quanto menor o grau de ramificação das cadeias poliméricas maior a cristalinidade e maior a sua densidade (GARCIA, 2002).

O polietileno de alta densidade (PEAD) é o homopolímero com estrutura quase totalmente linear. A regularidade espacial e o pequeno tamanho das ramificações permitem uma maior compactação entre cadeias com uma maior porcentagem de cristalinidade e maior densidade. Os polietilenos são muito resistentes ao vapor d'água, com pouca diferença entre o PEBD e o PEAD. A barreira ao vapor d'água também é alta, porém existe diferenças entre os diversos tipos de polietilenos. O PEAD, por ser mais cristalino, apresenta menor taxa de permeabilidade ao vapor d'água que o PEBD (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ERVA-MATE

A matéria-prima utilizada neste trabalho foi a erva-mate cancheada e beneficiada para chimarrão, cultivada e proveniente do município de Guarapuava no Estado do Paraná. A erva-mate foi colhida na primeira semana do mês de maio de 2003, sendo submetida ao sapeco mecânico em cilindro rotativo, à secagem rápida de aproximadamente quatro horas em secador rotativo e ao cancheamento mecânico realizado em moinho.

3.2 EMBALAGENS

As embalagens com capacidade de 500 g utilizadas para envasar a erva-mate chimarrão foram os filmes flexíveis de polipropileno biorientado metalizado com polietileno laminado (BOPPmet/PE) e o polietileno tereftalato metalizado com polietileno laminado (PETmet/PE), os quais foram termossoldados em seladora com barra aquecida estriada. O frasco de polietileno de alta densidade com tampa (PEAD) foi fechado pela termoselagem do lacre de alumínio com polietileno laminado com ferro elétrico doméstico e o rosqueamento manual da tampa plástica.

3.3 EQUIPAMENTOS

3.3.1 Detector de atividade de água

O medidor de atividade de água utilizado foi o *AQUALAB CX-2*, que têm um espelho de aço dentro de uma câmara que é repetidamente resfriado e aquecido, formando o orvalho e evaporando-o. Uma ventoinha de ar acelera o processo de equilíbrio dentro da câmara. Para o orvalho formado e evaporado, o equipamento faz a leitura da temperatura e calcula a atividade de água da amostra.

A mudança da leitura da atividade de água devido à mudança de temperatura é menor que 0,02 por grau centígrado, por esse motivo o equipamento deve estar em ambiente com temperatura entre 20 e 25° C. As leituras no equipamento devem ser realizadas em um período entre 2 a 6 minutos.

O equipamento deve ser calibrado com soluções padrões de cloreto de sódio com atividade de água de 0,760 e duas soluções de cloreto de lítio com atividade de água de 0,500 e 0,250. Após esse procedimento, verificar a leitura de atividade de água com água deionizada, resultando em um valor de 1,000. As amostras devem ser colocadas em cápsulas plásticas do próprio equipamento, sendo preenchidas com 1/3 da capacidade total. O intervalo de operação do equipamento é de 0,03 a 1,00 e tem precisão de $\pm 0,003$ unidades de atividade água.

3.3.2 Estufa a vácuo

A estufa utilizada para determinação da umidade foi a estufa a vácuo, marca Tecnal TE-385, com temperatura regulada para 98° C e pressão ≤ 25 mmHg.

3.3.3 Estufa climática

A estufa utilizada para acondicionar as embalagens durante o período de 180 dias foi do tipo BOD, marca Fanen, com temperatura regulada para 25° C +/- 1° C.

3.3.4 Cromatografo líquido de alta eficiência (CLAE)

Para a determinação de cafeína foi utilizado um cromatógrafo líquido da marca Shimadzu Corporation SCL-10Avp com uma bomba isocrática modelo LC-10Advp e um detector UV-vis modelo SPD-10Avp. Para separação da cafeína foram utilizadas uma pré-coluna Shim-pack G-ODS 1,0 cm x 4,0 mm diâmetro interno e uma coluna cromatográfica da marca Shim-pack CLC (M) de 15 cm x 4,6 mm diâmetro interno com partículas de 5 μ m.

3.3.5 Espectrofotômetro

Para o doseamento de polifenóis totais foi utilizado um espectrofotômetro da marca Varian DMS 100S na região do visível para determinação das absorbâncias.

3.3.6 Colorímetro

O colorímetro empregado foi o *MINOLTA CHROMA METER* modelo CR-410, utilizando o sistema CIELab ou “L”, “a” e “b”. Sendo o L a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco) e “a” e “b” coordenadas de croma (-a = verde, +a = vermelho, -b = azul e +b = amarelo), ambas variando de -60 a +60.

3.3.7 Peneiras vibratórias

Para determinação da granulometria da erva-mate para chimarrão utilizou-se um agitador de peneiras para análises granulométricas, marca Bertel, com um jogo de seis peneiras com as seguintes numerações: ABNT n.º 10, 16, 24, 32, 48 e 100.

3.4 MÉTODOS

A erva-mate para chimarrão foi produzida com matéria-prima do município de Guarapuava no Estado do Paraná, e processada empregando-se os mesmos equipamentos e regulagens do processo industrial da empresa que cedeu a erva-mate. A erva-mate cancheada e beneficiada foi envasada em três diferentes tipos de embalagens, (PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD), e mantidas em estufa climática com temperatura regulada para 25° C +/- 1° C e umidade relativa média de 50%. O produto envasado nas diferentes embalagens foi disposto de modo aleatório, porém, com mesmo número de embalagens por prateleira da estufa. A amostragem mensal foi realizada ao acaso para minimizar possíveis variações entre as prateleiras.

3.4.1 Amostragem

As amostragens foram realizadas a cada 30 dias durante um período de seis meses. O tempo zero foi considerado como início do experimento sendo utilizado como referencial para caracterização da matéria-prima. Para cada amostragem mensal foram coletados dois pacotes de cada tipo de embalagem e realizadas determinações em duplicata para cada um desses.

3.4.2 Determinações físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas na Usina Piloto Bloco A, laboratório de química analítica aplicada da Universidade Federal do Paraná e no laboratório de análises físico-químicas da Usina Piloto da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, utilizando as metodologias oficiais da AOAC International (2000), Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985), ASTM International (2001) e International Organization for Standardization (ISO, 2002).

3.4.2.1 Determinação de umidade

O método empregado para a determinação de umidade foi o da AOAC International (2000). Para a análise foi utilizado a estufa à vácuo *TECNAL*, sendo as amostras mantidas por um período de seis horas a 98° C com pressão ≤ 25 mmHg. Para repesagem as amostras foram esfriadas em dessecador.

3.4.2.2 Determinação da atividade de água

A atividade de água em erva-mate foi determinada de acordo com método especificado pelo fabricante, regulamentado pelo Departamento de Boas Práticas de Fabricação do *Food and Drug Administration* – FDA (DECAGON DEVICES INC., 2001).

3.4.2.3 Determinação de pH

Os valores de pH foram determinados em potenciômetro calibrado a 25° C com soluções tampão padrão com pH 7,0 e 4,0; segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). Foi utilizado 3,0 g de erva-mate para 50 ml de água quente, sendo agitado ocasionalmente e realizada a leitura de pH a 25° C.

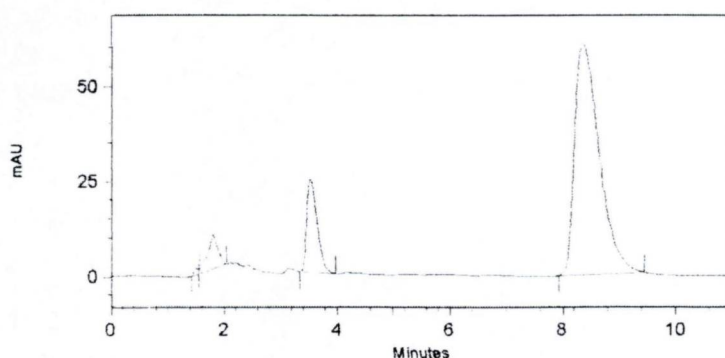
3.4.2.4 Determinação colorimétrica de cor

O método empregado foi o especificado pelo ASTM International (2001). Para determinação da cor, as amostras de erva-mate foram padronizadas em peneiras ASTM n.º 30, utilizado-se para leitura de cor somente a parte folha.

3.4.2.5 Determinação do teor de cafeína

A determinação de cafeína por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) seguiu o método descrito pela International Organization for Standardization (ISO, 2002). As amostras de erva-mate foram homogeneizadas e as determinações realizadas em duplicata para cada embalagem de erva-mate. A fase móvel utilizada era composta de água:metanol (76:24 v/v) com um fluxo de 1,0 ml/minuto; a solução padrão de cafeína para a curva de calibração foi preparada dissolvendo 0,02 g de cafeína anidra (Fluka) em 100 ml de água deionizada (200 µg/ml). Uma quantidade de 20 µL foi injetado no cromatógrafo, sendo monitorado por detecção de UV-VIS com comprimento de onda em 274 nm e um tempo de retenção médio de 6 a 8 minutos. O coeficiente de correlação linear para cafeína foi de $r^2 = 0,9998$ e a equação da reta foi de $y = 2,05618e-005x + 0,132826$. A Figura 6 apresenta o cromatograma para cafeína.

FIGURA 6 – CROMATOGRAMA DA DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA POR CLAE EM ERVA-MATE.



NOTA: mAU – Absorbância x 10^{-3}

3.4.2.6 Determinação do teor de polifenóis totais

O doseamento de polifenóis totais seguiu o método especificado pela AOAC International (2000). As determinações foram realizadas em duplicata para cada embalagem de erva-mate utilizando o reativo de *Folin-Denis*. As medidas de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro *Varian* com comprimento de onda de 760 nm. Os resultados dos compostos fenólicos foram expressos em mg/g de amostra com equivalente em ácido tânico.

3.4.2.7 Determinação do teor de clorofila total, (a) e (b)

O doseamento de clorofila seguiu a método descrito por BARNES *et al.* (1992). Foi utilizado 30 mg de amostra de erva-mate e a extração dos pigmentos realizado com reagente dimetilsulfóxido (DMSO) 99% de pureza. As leituras de absorbância em espectrofotômetro foram efetuadas nos comprimentos de onda de 648 nm e 665 nm. Os valores de absorbância encontrados foram introduzidos nas seguintes fórmulas sendo expressos em mcg/ml e transformados para mcg/g:

$$\text{Clorofila total} = 7,49 \times A_{665} + 20,34 \times A_{648} \quad (3)$$

$$\text{Clorofila (a)} = 14,85 \times A_{665} - 5,14 \times A_{648} \quad (4)$$

$$\text{Clorofila (b)} = 25,48 \times A_{648} - 7,36 \times A_{665} \quad (5)$$

3.4.2.8 Determinação da granulometria

A granulometria da erva-mate foi determinada segundo metodologia da AOAC International (2000). O método descreve a utilização de um conjunto de cinco peneiras. As peneiras utilizadas foram de acordo com a ABNT n.º 10, 16, 24, 32, 48 e 100, com 50 g de amostra durante 5 minutos de agitação.

3.4.2.9 Composição centesimal

As determinações de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibra alimentar foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela AOAC International (2000) e a percentagem de carboidratos obtido por diferença. O valor calórico foi calculado pela soma dos resultados da multiplicação dos fatores de conversão (9,0) para lipídios e (4,0) para carboidratos e proteínas (BRASIL, 2003).

3.4.3 Avaliações na embalagem

3.4.3.1 Espessura

A determinação da espessura das embalagens PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD foi realizada de acordo com método descrito pela ASTM (1995) e expressa em micrômetros (μm).

3.4.3.2 Gramatura

A determinação da gramatura das embalagens PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD foi realizada de acordo com método descrito por OLIVEIRA et al. (1996) e expressa em gramas/metro quadrado (g/m^2).

3.4.3.3 Determinação da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA)

A determinação da taxa de permeabilidade ao vapor d'água foi realizada pelo CETEA (Centro de Tecnologia de Embalagem) do ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos). As embalagens flexíveis foram analisadas segundo a metodologia descrita pela norma ASTM F1249-01, utilizando um sensor de infravermelho PERMATRAN. Para o frasco plástico selado, a metodologia empregada foi de acordo com a ASTM D4579-95, preconizando para este tipo de embalagem o método gravimétrico.

3.4.3.4 Determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂)

A determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio foi realizado pelo CETEA. As embalagens flexíveis foram analisadas segundo o método coulométrico descrito pela norma ASTM D3985. Para o frasco plástico foi utilizado o método coulométrico de acordo com o procedimento descrito na norma ASTM F1307.

3.4.3.5 Determinação da transmissão de luz

A determinação da transmissão de luz especular para as embalagens utilizadas neste trabalho foi realizada pelo CETEA. As determinações foram efetuadas empregando-se a metodologia descrita por SARANTÓPOULOS et al., (2002).

3.4.4 Determinações microbiológicas

As análises microbiológicas da erva-mate para chimarrão foram realizadas no laboratório de microbiologia do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA) da Universidade Federal do Paraná, segundo metodologia oficial do American Public Health Association (APHA, 1992):

- Contagem de bactérias mesófilas;
- Contagem de bolores e leveduras;
- Contagem de coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*);
- Pesquisa de *Salmonella* spp.

3.4.5 Análise sensorial

A análise sensorial da erva-mate chimarrão foi realizada com equipe de julgadores treinados pelo teste triangular e selecionados pelo Teste de Wald (ABNT, 1993). Para seleção e treinamento dos julgadores foram seguidos os procedimentos recomendados por FERREIRA et al. (2000). Os indivíduos foram recrutados por meio de edital, entrevista e questionário, entre os alunos da Universidade Federal do Paraná, com faixa etária variando entre 21 e 35 anos. Para a seleção dos julgadores foi utilizado como requisito o hábito do consumo de chimarrão, chá e/ou café.

Os testes para seleção e treinamento da equipe foram realizados com o extrato que simula a bebida do chimarrão, seguindo o método descrito por DUARTE (2000), onde os extratos foram obtidos pesando 10g da erva-mate e colocada em frascos erlenmeyer de 500 ml, em seguida foi adicionado a água com temperatura de 68 a 70° C, homogeneizada e deixada em infusão em repouso por 3 minutos. Decorrido este intervalo de tempo, a infusão foi novamente homogeneizada e filtrada, sendo colocada em garrafas térmicas.

Para evitar sabores residuais foram utilizadas xícaras de porcelana. A equipe de julgadores foi previamente treinada para avaliação dos atributos cor e sabor, empregando-se o teste triangular. Os julgadores foram treinados durante três meses, com três sessões de avaliação por semana. O treinamento foi realizado com produto comercial de diferentes marcas.

Neste trabalho, foram selecionados os julgadores para avaliação da erva-mate, aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, aqueles aprovados pelo teste seqüencial de Wald que mantiveram percentual de acerto acima de 75%. O trabalho iniciou com 25 pessoas recrutadas, das quais 18 foram selecionadas para a etapa de avaliação sensorial.

A erva-mate foi avaliada utilizando o teste de ordenação, conforme a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994). As amostras foram servidas seqüencialmente sob delineamento aleatório e balanceado em recipientes codificados com números casualizados de três dígitos. Os testes foram realizados duas horas após o almoço. Foi solicitado aos provadores avaliar os atributos cor e sabor amargo, ordenando as amostras da esquerda para a direita em ordem crescente, sendo utilizado um para o atributo menos acentuado, dois para o atributo intermediário e três para o mais acentuado. Foi oferecido junto com as amostras a ficha de avaliação (Anexo 3), biscoitos de água e sal e a água.

Para análise da cor as amostras foram apresentadas em placas de petri revestida com papel alumínio. As amostras de erva-mate foram padronizadas em peneiras ASTM n.º 30, onde o julgador avaliava somente a parte folha, em conformidade com o item 3.4.2.4 utilizado para leitura de cor no sistema CIELab.

3.4.6 Análise estatística

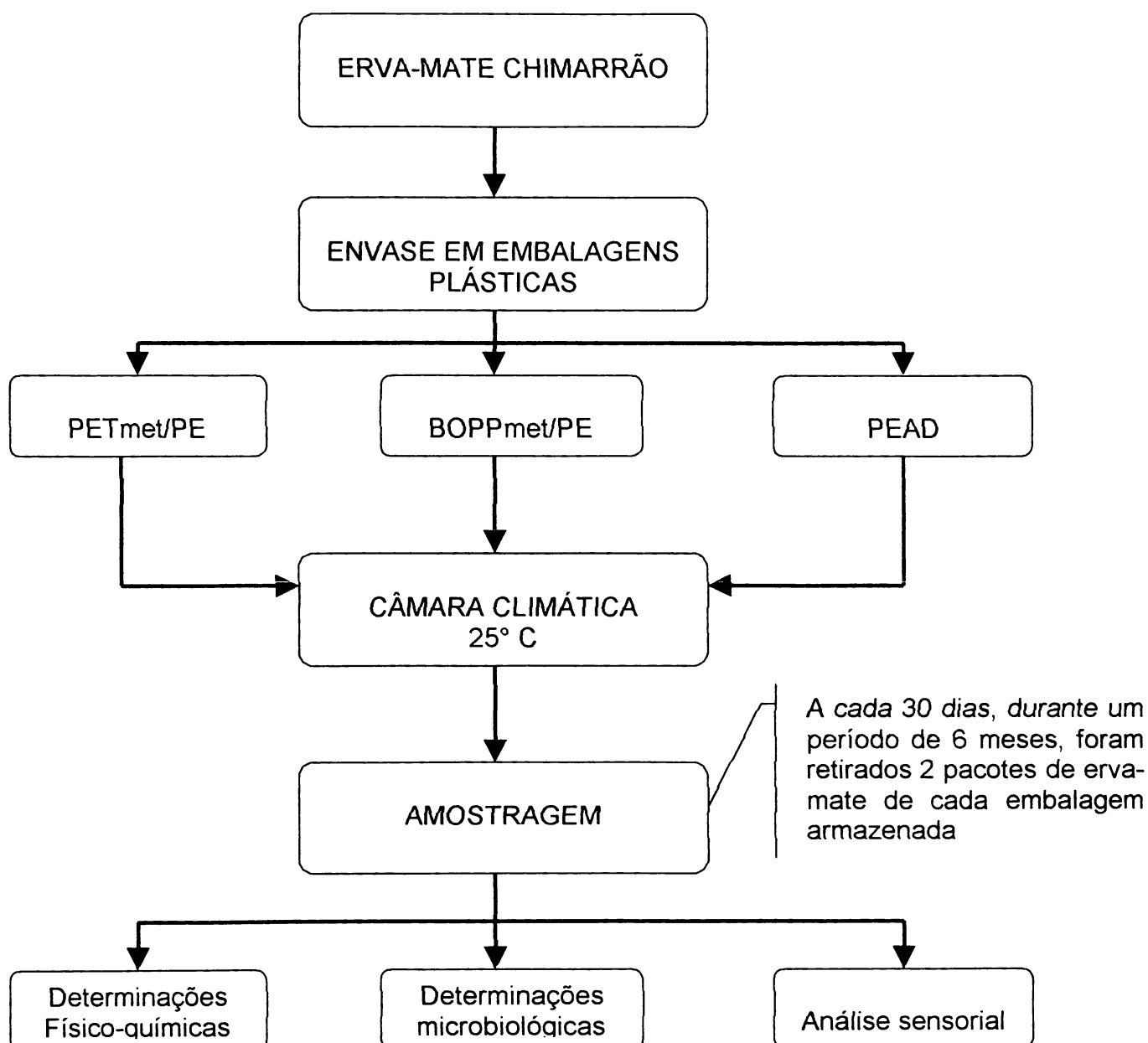
Os resultados das determinações analíticas foram avaliados pelo Programa MSTATC (versão 2.10 em sistema DOS) da *Michigan State University* (MSTATC, 1989). O programa foi cedido pelo laboratório de informática do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, sendo utilizado segundo o manual de uso do programa (KOEHLER, 1996).

Os dados do experimento realizado foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado, onde se testou 21 tratamentos, com duas médias de duas repetições verdadeiras cada. Os tratamentos representam o arranjo fatorial de três embalagens plásticas (BOPPmet/PE, PETmet/PE e PEAD) com 7 tempos de experimentação (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. A obtenção de variâncias homogêneas permitiu a realização da análise de variância (ANOVA), e com o valor de F significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, por meio de determinações físico-química, microbiológica e sensorial, procedeu-se a avaliação da estabilidade da erva-mate chimarrão envasada em três diferentes embalagens plásticas, aos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias (Figura 7). Os resultados obtidos foram avaliados quanto a influência da embalagem na composição química, crescimento microbiano e qualidade sensorial da erva-mate durante 180 dias.

FIGURA 7 – FLUXOGRAMA DO ESTUDO DE ESTABILIDADE DA ERVA-MATE EM DIFERENTES EMBALAGENS PLÁSTICAS.



4.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA ERVA-MATE

A composição centesimal da erva-mate compreendeu as determinações de carboidratos, proteínas, lipídios, fibra alimentar, umidade e cinzas, cujos resultados são apresentados na Tabela 3. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados representam a média de duas amostras de erva-mate para chimarrão.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO.

COMPONENTES	Valores em base úmida	Valores em base seca
Valor calórico, kcal	184,90	----
Carboidratos, g	27,36	28,46
Proteínas, g	8,98	9,25
Lipídios, g	4,16	4,33
Fibra alimentar, g	50,36	52,39
Cinzas, g	5,26	5,47
Umidade, g	3,88	----

NOTA: Coeficiente de variação (CV = 0,33%)
 Teste de Bartlett - Probabilidade (α = 93,30%)

Constatou-se que a composição centesimal da erva-mate apresenta quantidades elevadas para as determinações de fibra alimentar, carboidratos e proteínas. Segundo ESMELINDRO et al. (2002), os valores encontrados para erva-mate chimarrão em base seca foram de 51,64% de carboidratos, 14,49% de proteínas, 6,76% de lipídios, 21,10% de fibras e 6,01% de cinzas.

Comparando-se os valores em base seca da Tabela 3 com os resultados de ESMELINDRO et al. (2002), pode-se verificar que os teores dos compostos analisados apresentaram variação percentual de 59,73%, 44,89%, 36,16%, 35,94% e 8,98%, para as determinações de fibras, carboidratos, proteínas, lipídios e cinzas, respectivamente. No entanto, pode-se verificar, ainda, que a determinação de fibra alimentar apresenta uma maior quantidade desse componente, comparado aos teores de carboidratos. Essa constatação é devido ao produto erva-mate ser constituído por folhas, as quais apresentam grande quantidade de celulose. Consequentemente, o valor de

carboidratos variou, por ser obtido pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, lipídios, fibra alimentar, umidade e cinzas.

Os teores de fibra alimentar e carboidratos em base seca obtidos por COSTA et al. (2003) em folhas de acelga foram de 41,49% e 4,25%, respectivamente. Comparando-se os valores obtidos para acelga com os obtidos para erva-mate, pode-se verificar que a proporção entre esses componentes foi maior para o teor de fibra alimentar, conseqüentemente, por se tratar da parte folha do vegetal.

Segundo ROBERTSON (1993), no que se refere à perda de nutrientes, a maior parte das reações ocorre durante o processamento, ou mesmo antes dessa etapa, ao passo que na estocagem essas alterações ficam limitadas a componentes mais vulneráveis, como as vitaminas. Dessa forma, PASCHOALINO; VITALI (1991) relatam que o processamento térmico promove alterações nos componentes dos alimentos. O valor nutricional, o sabor, a textura e a cor dos alimentos são alterados em maior ou menor grau, de acordo com a intensidade do tratamento térmico.

Neste contexto, ESMELINDRO et al. (2002) demonstraram que as etapas de processamento industrial da erva-mate, sapeco e secagem influenciam significativamente nos teores de lipídios, proteínas, carboidratos e cafeína, ao passo que os teores de cinzas e fibras não são alterados significativamente.

Segundo SANTOS et al. (2002), a variação na composição centesimal de alimentos de origem vegetal deve ser considerada, uma vez que a quantidade dos componentes desse tipo de alimento apresenta diferenças em função do cultivo, local de plantio, adubação, diferenças edafoclimáticas, período de colheita, idade e características genéticas dos vegetais.

4.2 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA ERVA-MATE

A composição granulométrica da erva-mate, cujos resultados são apresentados na Tabela 4, demonstrando as quantidades médias, bem como os valores mínimos e máximos encontrados na erva-mate chimarrão (pronta para consumo). A determinação granulométrica foi realizada em triplicata e os resultados representam a média de três amostras de erva-mate chimarrão.

TABELA 4 – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA ERVA-MATE CHIMARRÃO.

TAMISES	Mínimo	Máximo	Media	SD	SE
ABNT n.º 10	7,30	7,80	7,53	0,25	0,19
ABNT n.º 16	3,20	3,70	3,47	0,25	0,19
ABNT n.º 24	2,20	2,90	2,57	0,35	0,19
ABNT n.º 32	3,40	2,70	3,03	0,35	0,19
ABNT n.º 48	5,30	5,80	5,47	0,29	0,19
ABNT n.º 100	23,00	23,90	23,47	0,45	0,19
Fundo	4,10	4,80	4,46	0,35	0,19

NOTA: Coeficiente de variação (CV = 4,68%)
 Teste de Bartlett - Probabilidade ($\alpha = 98,90\%$)
 SD - Desvio padrão; SE - Erro padrão

Os dados de granulometria obtidos para erva-mate apontam para 66,80% de pó moderadamente fino (tamises n.º 48, 100 e o fundo); 6,06% de pó moderadamente grosso (tamis n.º 32) e 27,14% de pó grosso (tamises n.º 10, 16 e 24). Esta descrição para erva-mate chimarrão foi realizada de acordo com os critérios de classificação de pós vegetais, baseado em tamises oficiais ABNT estabelecidos pela Farmacopéia Brasileira (BRASIL, 1988).

Segundo SIMÕES et al. (2001), as operações de divisão ou redução de tamanho de partículas vegetais são obtidas mediante aplicação de forças mecânicas de impacto, atrito, corte ou combinação dessas. Essas operações apresentam aspectos tecnológicos específicos, como facilitar o manuseio, transporte, embalagem e armazenagem, assim como a mistura das matérias-primas em formulações.

A erva-mate chimarrão disponível no mercado apresenta uma maior percentagem na forma de pó moderadamente fino em função do seu tradicional modo de preparo. O recipiente denominado de cuia requer um produto com estas características para facilitar o preparo e o consumo quando sorvida a infusão com auxílio da bomba. Entretanto, segundo OLIVEIRA; AKISUE; AKISUE (1996), o estado de divisão do material vegetal desidratado constitui fator determinante na conservação desse tipo de produto. A rápida degradação é promovida pelas reações oxidativas, ganho de umidade e perda de substâncias voláteis, contribuindo dessa forma para redução da qualidade do alimento.

Segundo CABRAL; FERNANDES (1982), trabalhando com cafés, observaram que o café torrado em grãos e o torrado e moído, quando armazenados em embalagem de papel kraft, apresentaram uma vida útil de 20 e 10 dias, respectivamente. Dessa forma, pode-se observar que o moagem do café reduziu em 50% o tempo de vida útil.

A reduzida granulometria da erva-mate, com conseqüente aumento da superfície específica, possibilita eventuais problemas de estabilidade devido à adsorção de umidade. Dessa forma, o acondicionamento da erva-mate deve assegurar o teor de umidade preconizado para esse produto, além da qualidade microbiológica, por meio de embalagem com baixa permeabilidade ao vapor d'água e um sistema de fechamento hermético apropriado à manutenção das características desse alimento. De maneira geral, a erva-mate é um alimento sensível à umidade e, para poder ser conservado, deverá ser acondicionado de forma a evitar a influência desse fator. Ainda, por esse motivo, a qualidade da erva-mate depende do tempo de estocagem, pois quanto mais pulverizado for o material vegetal, menor será o tempo de vida útil.

Para melhor manutenção do teor de umidade de produtos alimentícios desidratados, podem ser adicionados à formulação desses produtos aditivos alimentares denominados de antiumedecantes. Essas substâncias são capazes de reduzir a higroscopicidade do alimento e a adesão das partículas umas às outras. A regulamentação de uso pela legislação brasileira é estabelecida pela Resolução RDC n.º 234 (BRASIL, 2002b), onde os aditivos são utilizados segundo as boas práticas de fabricação, não havendo ingestão diária aceitável (IDA) especificada, o que significa que o seu uso está limitado a atender o efeito tecnológico desejado. Ressalta-se que a referida resolução é de aplicação geral para produtos alimentícios, não se limitando a grupos específicos de alimentos.

Por outro lado, a Resolução RDC n.º 302 (BRASIL, 2002a), que estabelece padrões de identidade e qualidade para erva-mate, proíbe a adição de aditivos e coadjuvantes de tecnologia neste produto. Observa-se, assim, um contra-senso na legislação brasileira que, ao mesmo tempo em que permite a adição de aditivos de comprovada segurança, proibi esta mesma na erva-mate. Esta constatação abre um

espaço para questionamento quanto à fundamentação técnico-científica que tem sido utilizada para elaboração da legislação brasileira.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DE EMBALAGEM

4.3.1 Espessura

A caracterização dimensional das estruturas plásticas flexíveis multicamadas consistiu da determinação da espessura total e parcial, enquanto que para o frasco de PEAD foi realizado somente a espessura total. Os resultados foram expressos em (μm) e apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL DA ESPESSURA TOTAL E PARCIAL PARA MATERIAIS PLÁSTICOS, EXPRESSOS EM MICROMETROS (μm).

MATERIAL	ESPESSURA (μm)				
	Máximo	Mínimo	Media	SD	SE
PETmet/PE					
Total	11,00	10,70	10,85	0,10	0,04
Parcial – PET	9,90	9,60	9,67	0,12	0,04
Parcial – PE	1,00	0,80	0,87	0,08	0,04
BOPPmet/PE					
Total	7,80	7,60	7,70	0,09	0,04
Parcial – PP	4,90	4,60	4,80	0,13	0,04
Parcial – PE	2,30	2,00	2,15	0,12	0,04
PEAD					
Total	35,20	35,00	35,07	0,08	0,04

NOTA: SD – Desvio padrão; SE – Erro padrão.

Os dados da medida de espessura das embalagens analisadas permitem obter informações teóricas sobre suas propriedades mecânicas e de barreiras ao vapor d'água e gases, desde que conhecida a natureza química do filme ou das multicamadas que formam a embalagem. Eventuais irregularidades na espessura do filme indicam que a embalagem pode apresentar falhas em sua estrutura, comprometendo assim sua resistência, desempenho mecânico e, conseqüentemente, sua função de proteger.

Nesse trabalho, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que em ordem crescente de espessura estão as embalagens de PEAD, PETmet/PE e BOPPmet/PE. Dessa forma, é de se esperar que a embalagem de maior espessura apresenta maior resistência mecânica e melhores propriedades de barreira, como barreira a gases e ao vapor d'água.

4.3.2 Gramatura

A caracterização física das estruturas plásticas flexíveis multicamadas consistiu da determinação da gramatura total e parcial, sendo os resultados expressos em gramas/metro quadrado (g/m^2) e apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA PARA GRAMATURA TOTAL E PARCIAL PARA MATERIAIS PLÁSTICOS, EXPRESSOS EM GRAMAS POR METRO QUADRADO (g/m^2).

MATERIAL	GRAMATURA (g/m^2)				
	Máximo	Mínimo	Media	SD	SE
PETmet/PE					
Total	104,30	102,40	103,25	0,73	0,28
Parcial – PET	88,00	85,70	86,25	0,87	0,28
Parcial – PE	17,30	16,00	16,70	0,51	0,28
BOPPmet/PE					
Total	64,70	62,90	63,62	0,67	0,28
Parcial – PP	43,80	42,20	43,03	0,65	0,28
Parcial – PE	18,20	17,20	18,15	0,68	0,28

NOTA: SD – Desvio padrão; SE – Erro padrão.

Para os resultados da análise física da embalagem pode-se observar que o filme de PETmet/PE apresenta maior gramatura que o filme de BOPPmet/PE, conferindo àquele material uma melhor resistência mecânica, e sendo esperado que ofereça também uma melhor propriedade de barreira a gases e ao vapor d'água. Em relação ao custo, a bobina do filme de PETmet/PE tem um preço mais elevado, além de apresentar menor rendimento (m^2/kg) que o filme de BOPPmet/PE. Dessa forma, o valor de cada unidade de embalagem produzido é maior para o PETmet/PE que para o BOPPmet/PE e conseqüentemente a erva-mate embalada nesta embalagem terá seu preço de venda

maior. A opção não menos econômica pela embalagem com melhores características de barreira e resistência pode ser justificada pelo fato deste tipo de material conferir aos alimentos um maior período de vida útil.

Para as embalagens termoformadas, como o frasco de PEAD, não é realizada a determinação de gramatura para sua caracterização. Neste caso, o seu rendimento é avaliado em função do seu volume ou capacidade de envase, que para o frasco utilizado foi de 500 g de produto.

4.3.3 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água

Os resultados para essa determinação, de acordo com o Anexo 1, são apresentados na Tabela 7 e 8. Para os filmes plásticos foi utilizada a metodologia da ASTM F1249-01, que determina o uso de sensor de infravermelho para medir a permeação do vapor d'água através dos filmes plásticos a uma temperatura de 38° C/90%UR. O frasco de polietileno de alta densidade foi determinado a sua TPVA por meio da método gravimétrico segundo a ASTM D4279-95. Esse método baseia-se no aumento de peso do cloreto de cálcio anidro colocado no interior da embalagem, as condições de experimentação foram 38° C/90%UR.

TABELA 7 - TAXAS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA A 38° C/90%UR DOS FILMES PLÁSTICOS METALIZADOS.

MATERIAL	TPVA (g água/(m ² .dia))		
	Valor médio	IV	CV
BOPP met/PE	1,71	1,70 – 1,72	0,5%
PET met/PE	1,78	1,47 – 2,22	19,1%

NOTA: IV – Intervalo de variação
CV – Coeficiente de variação

TABELA 8 – TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA A 38° C/90%UR DO FRASCO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE.

MATERIAL	TPVA (g água/(embalagem.dia))		
	Valor médio	IV	CV
Frasco de PEAD com selo de alumínio e tampa plástica rosqueada	0,007	0,006 – 0,007	4,8%

NOTA: IV – Intervalo de variação
CV – Coeficiente de variação

Para comparar as três embalagens utilizadas, o valor da TPVA para o frasco de PEAD com área interna de 0,065m² foi transformado para a mesma unidade utilizada para os filmes flexíveis, resultado em um valor médio de 0,107 g água/m².dia.

Os resultados das taxas de permeabilidade ao vapor d'água para as três embalagens revelaram que essas apresentam uma alta barreira ao vapor d'água. Segundo GARCIA; PADULA; SARANTÓPOULOS (1989), embalagens que apresentam uma TPVA menor que 8,0 (g água/m².dia) são consideradas de alta barreira.

4.3.4 Taxa de permeabilidade ao oxigênio

Os resultados para essa determinação, de acordo com o Anexo 1, são apresentados na Tabela 9 e 10. As determinações, segundo o método coulométrico, seguiram as metodologias oficiais da ASTM n.º D3985 para filmes flexíveis e F1307 para o frasco de polietileno de alta densidade.

TABELA 9 - TAXAS DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO A 23° C, A SECO E COM UM GRADIENTE DE PRESSÃO PARCIAL DO GÁS PERMEANTE DE 1 ATM, PARA OS FILMES PLÁSTICOS METALIZADOS.

MATERIAL	TPO ₂ ml (CNTP)/(m ² .dia)		
	Valor médio	IV	CV
BOPP met/PE	118,50	102,95 – 134,58	13%
PET met/PE	7,56	3,84 – 10,85	47%

NOTA: IV – Intervalo de variação
CV – Coeficiente de variação

TABELA 10 – TAXA DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO A 23° C A UM GRADIENTE DE PRESSÃO PARCIAL DE GÁS PERMEANTE DE 0,21 ATM.

MATERIAL	TPO ₂ ml (CNTP)/(embalagem.dia)		
	Valor médio	IV	CV
Frasco de PEAD com selo de alumínio e tampa plástica rosqueada	1,10	0,6 – 1,50	34%

NOTA: IV – Intervalo de variação
CV – Coeficiente de variação

Para comparar as três embalagens utilizadas, o valor da TPO_2 para o frasco de PEAD com área interna de $0,065m^2$ foi transformado para a mesma unidade utilizada para os filmes flexíveis, resultado em um valor médio de $16,92 \text{ ml (CNTTP)/m}^2 \cdot \text{dia}$.

Os resultados para a determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio para as três embalagens plásticas demonstram que o filme de PETmet/PE é considerado de altíssima barreira ao oxigênio segundo a classificação descrita por GARCIA; PADULA; SARANTÓPOULOS (1989). O filme de BOPPmet/PE e o frasco de PEAD apresentam uma TPO_2 que está acima dos valores estabelecidos pelos mesmos autores. Dessa forma, a erva-mate envasada nestas embalagens apresenta maior velocidade de degradação de seus componentes em função da permeação do oxigênio.

A taxa de permeabilidade ao oxigênio é uma característica importante para avaliação dos materiais plásticos com propriedade de barreira, relacionada à proteção de produtos sensíveis ao oxigênio. Entretanto, não é apenas essa propriedade que define a estabilidade do produto. O oxigênio incorporado no produto, aquele presente no espaço livre da embalagem e a hermeticidade do fechamento da embalagem também são fatores que afetam a estabilidade da erva-mate.

4.3.5 Transmissão de Luz

Os resultados para a determinação de transmissão de luz especular em diferentes comprimentos de onda (nm), de acordo com o Anexo 2, são apresentados na Figura 8. Para embalagem de BOPPmet/PE foram determinadas as transmissões de luz nas diferentes áreas pigmentadas da embalagem, para avaliar a influência da impressão na passagem da luz, conforme resultados apresentados na Figura 9.

Segundo BROWN (1992), uma embalagem plástica com elevado brilho e transparência constitui uma opção de *marketing*, que busca apresentar uma boa aparência comercial do produto. Entretanto, a proteção contra a incidência da luz se faz necessária por se tratar do acondicionamento da erva-mate, produto este sensível a reações de deterioração catalisada pela luz, como a degradação da clorofila.

FIGURA 8 – RESULTADOS DOS ESPECTROS OBTIDOS PARA AS EMBALAGENS ANALISADAS.

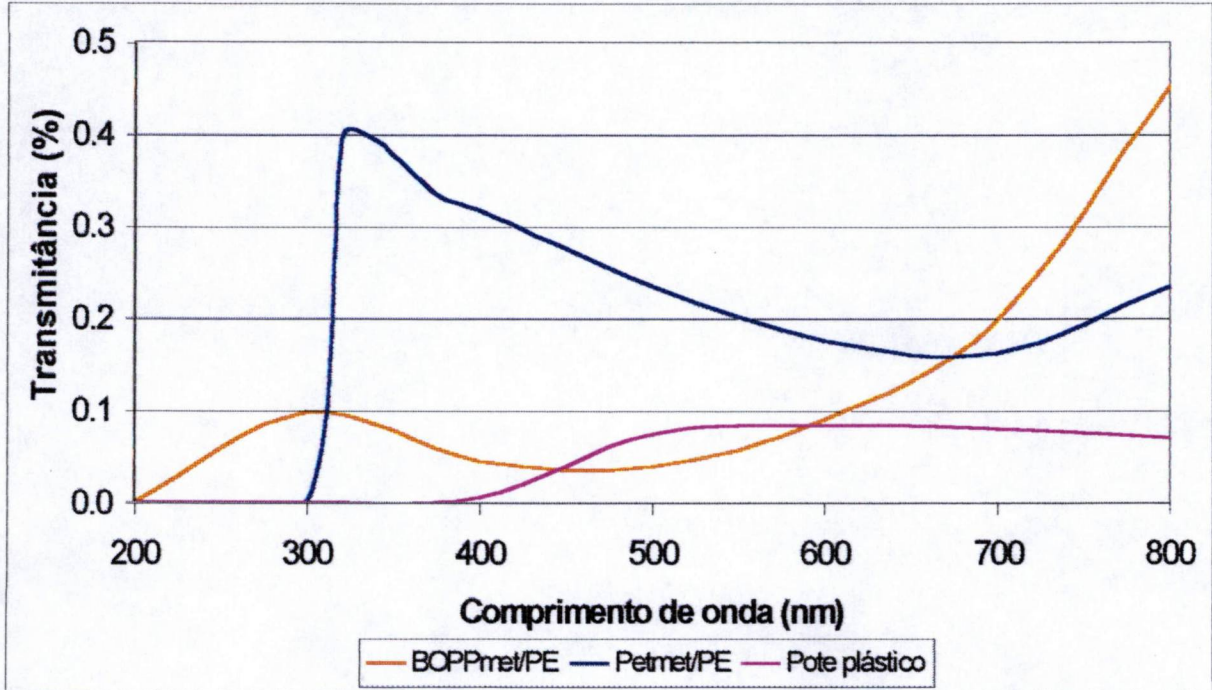
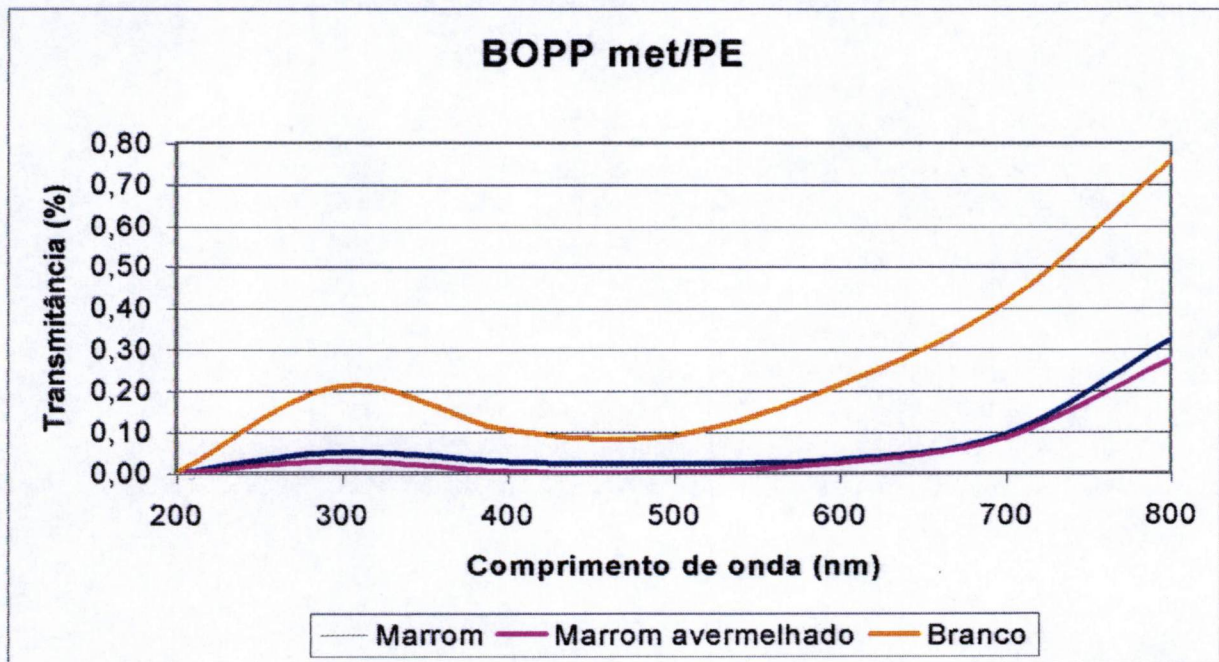


FIGURA 9 - ESPECTROS OBTIDOS PARA A AMOSTRA BOPP MET/PE, COM DIFERENTES CORES DE IMPRESSÃO: MARROM, MARROM AVERMELHADO E BRANCA.



Os resultados obtidos para as três embalagens plásticas analisadas revelaram que todas apresentam uma reduzida percentagem de transmitância de luz na região do visível (380 a 780nm), obtendo valores que não atingem 0,5% de transmitância de luz. Dessa forma, todas as três embalagens conferem a mesma proteção à erva-mate, quanto ao interferente luz. Mesmo porque a estufa que foi conduzido o experimento não apresentava fonte luminosa.

A embalagem de BOPPmet/PE mesmo com áreas de diferentes pigmentações não apresentou diferenças na transmitância na região do visível. Entretanto, pode ser evidenciando, com os resultados apresentados na Figura 9, que a cor da pigmentação da embalagem pode interferir na estabilidade do produto envasado.

De acordo com SARANTÓPOULOS et al. (2002), as reações de oxidação de lipídios são altamente sensíveis a luz, especialmente as radiações de comprimento de onda na região do ultravioleta (200 a 400 nm). Podem ser citados também como reações de deterioração catalisadas pela luz a oxidação de vitaminas e a fotodegradação de pigmentos que alteram o valor nutritivo e cor dos alimentos.

4.4 UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH

Para avaliação da estabilidade de um alimento, o método considerado tradicional consiste no acondicionamento do produto alimentício, no caso erva-mate, em diferentes embalagens, estocagem em condições controladas e análises periódicas para avaliação da deterioração da erva-mate e/ou aceitabilidade sensorial. Entre essas análises estão as determinações de umidade, atividade de água e pH.

Os resultados da análise de variância para as determinações de umidade, atividade de água e pH, apresentados na Tabela 11, indicam que os fatores embalagem e tempo são independentes, tendo em vista que a interação desses fatores não foi significativa para essas determinações. Não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre as embalagens, entre os tempos e entre a interação desses fatores testados.

TABELA 11 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS DETERMINAÇÕES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, EM ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		Umidade	Atividade de água	pH
Tratamentos	20	0,045ns	0,001ns	0,0005ns
Fator A (embalagem)	2	0,052ns	0,0005ns	0,0005ns
Fator B (tempo)	6	0,049ns	0,001ns	0,002ns
Fator AB (embalagem x tempo)	12	0,042ns	< 0,0005ns	0,0005ns
Erro experimental	63	0,035	0,001	0,002
Total	83	-	-	-
Teste de Bartlett	-	13,131ns	15,446ns	8,175ns
Coeficiente de variação	-	5,12%	7,45%	0,68%

NOTA: ns – não significativo no nível de 5% de probabilidade.

* - significativo no nível de 5% de probabilidade.

O teste de Tukey para comparação de médias (Tabela 12) não revelou diferenças significativas entre as médias das determinações de umidade, atividade de água e pH, para as embalagens testadas.

TABELA 12 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.

Tratamentos	Umidade g/100g	Atividade de água	pH
PETmet/PE	3,587 a	0,308 a	5,90 a
BOPPmet/PE	3,625 a	0,309 a	5,91 a
PEAD	3,673 a	0,302 a	5,90 a

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

A erva-mate chimarrão apresentou um teor médio de umidade de 3,63% e atividade de água em torno de 0,306. Esse produto é considerado um alimento higroscópio e particularmente sensível à umidade na medida em que esta facilita à sua deterioração. Segundo DITCHFIELD (2000), um dos principais componentes dos alimentos que apresenta influência em sua conservação é a água. O termo atividade de água é uma propriedade dos alimentos que pode ser definida como a água disponível

para o crescimento microbiano e demais reações de natureza química, física e enzimática que deterioram os alimentos.

De acordo com SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI (2001), os principais fatores de deterioração de vegetais desidratados são as reações de escurecimento não enzimático, oxidação de vitaminas e lipídios, as reações de oxidação de pigmentos como clorofila e carotenóides e a absorção de umidade.

O valor de atividade de água de 0,306 para a erva-mate determina que nesse produto pode ocorrer reações como a oxidação de lipídios, escurecimento não enzimático e a adsorção de umidade, segundo esquema de reações de deterioração da qualidade dos alimentos em função da atividade de água (PADULA; OLIVEIRA, 1987).

Segundo ROBERTSON (1993), o ganho de umidade é um fenômeno físico que ocorre em alimentos de baixa atividade de água, em média abaixo de 0,600. Essa alteração pode deteriorar a qualidade do produto devido à aglomeração, alterações de textura, crescimento microbiológico, oxidação de lipídios e pigmentos, escurecimento enzimático e não enzimático, entre outras reações específicas para cada alimento.

Nesse contexto, o limite de vida útil de produtos alimentícios desidratados, como a erva-mate chimarrão, é estabelecido pela própria quantidade de umidade e atividade de água. Conseqüentemente, é recomendado a utilização de material de embalagem com baixa permeabilidade ao vapor de água, de modo a manter o nível aceitável de umidade.

As embalagens utilizadas para o experimento apresentaram uma baixa taxa de permeabilidade ao vapor d'água, valores médios de 1,71; 1,78 e 0,107 (g água/m².dia) para as embalagens BOPPmet/PE, PETmet/PE e PEAD, respectivamente. Conferindo dessa forma, uma maior estabilidade à erva-mate envasada e armazenada. Apesar de sua vida útil ser limitada por reações químicas deteriorativas que ocorrem à temperatura ambiente, a resistência mecânica, a hermeticidade e a barreira a gases, vapor d'água e oxigênio das embalagens utilizadas podem proteger a erva-mate e reduzir a velocidade de deterioração, prolongando sua vida útil.

O teste Tukey (Tabela 13) não detectou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as médias de umidade, atividade de água e pH, para o período de 180 dias de

armazenagem, sendo que essas determinações não variaram significativamente em função do tempo.

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E pH, DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.

Tratamentos (dias)	Umidade g/100g	Atividade de água	pH
Tempo zero	3,648 a	0,300 a	5,927 a
Tempo 30	3,561 a	0,323 a	5,900 a
Tempo 60	3,682 a	0,314 a	5,893 a
Tempo 90	3,737 a	0,293 a	5,890 a
Tempo 120	3,567 a	0,303 a	5,897 a
Tempo 150	3,598 a	0,301 a	5,897 a
Tempo 180	3,608 a	0,312 a	5,916 a

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

A especificação do material de embalagem consiste em determinar suas características de espessura e/ou gramatura, TPVA, TPO₂ e transmissão de luz, que devem ser definidos de acordo com as características do tipo de alimento a ser envasado. A especificação da embalagem para erva-mate, alimento esse sensível à umidade, requer o conhecimento do nível de proteção oferecido pelo material plástico ao longo do tempo. Neste trabalho, observa-se que a umidade e a atividade de água não variaram em função do tempo, evidenciado que as embalagens utilizadas constituem uma excelente barreira ao vapor d'água.

Para a erva-mate, a conservação tem por princípio a redução da quantidade de água e da atividade de água a um nível tal que as reações deteriorativas durante a estocagem ocorram na menor velocidade possível. Desta forma, segundo SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI (2001), a embalagem deve constituir barreira ao vapor d'água e apresentar integridade do sistema de fechamento, evitando o ganho de umidade que permitiria o crescimento microbiológico e outras alterações químicas e físicas.

Segundo OLIVEIRA (1997), as propriedades de barreira ao vapor d'água e ao oxigênio em filmes plásticos simples variam em função do tipo (estrutura química) e da

espessura do material. Nem sempre, o material que oferece barreira à umidade também oferece barreira aos gases, havendo a necessidade da combinação de filmes (estruturas multicamadas) que podem conferir excelentes propriedades de barreira. Os plásticos mais utilizados em laminados (multicamadas) são PE, PP, BOPP e PET, metalizado ou não com folha de alumínio.

A opção pelo material de embalagem deve considerar os requisitos de conservação do produto, as condições de comercialização e a vida útil desejada (CABRAL; FERNANDES, 1980). Dessa forma, estruturas laminadas que combinam diferentes estruturas plásticas e, conseqüentemente, diferentes propriedades, podem ser uma boa opção para agregar qualidade à erva-mate.

A degradação em função do tempo da erva-mate chimarrão, acondicionada nas diferentes embalagens testadas, não foi limitada pelo ganho de umidade ou aumento de sua atividade de água, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 7. Entretanto, a oxidação e a degradação da clorofila são reações químicas deteriorativas, que apresentam a capacidade de ocorrer mesmo a um reduzido teor de umidade e atividade de água. Essas reações não modificaram o pH da erva-mate, mesmo durante o período de armazenagem ou quando envasada em diferentes embalagens.

4.5 CLOROFILA TOTAL, "a" E "b"

Os resultados da análise de variância dos teores de clorofila total, "a" e "b", apresentados na Tabela 14, indicam que os fatores embalagem e tempo não são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores foi significativa para essas determinações. Houve diferenças estatisticamente significativas entre as embalagens, entre os tempos e entre a interação desses fatores testados, com exceção da determinação de clorofila "b", onde, para o fator embalagem, não houve diferença estatística significativa.

TABELA 14 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR DE CLOROFILA TOTAL, “a” E “b” EM ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		Clorofila total	Clorofila a	Clorofila b
Tratamentos	20	2,959*	1,056*	0,749*
Fator A (embalagem)	2	0,231*	0,177*	0,032ns
Fator B (tempo)	6	9,302*	2,986*	2,223*
Fator AB (embalagem x tempo)	12	0,242*	0,238*	0,131*
Erro experimental	63	0,043	0,015	0,019
Total	83	-	-	-
Teste de Bartlett	-	10,123ns	8,055ns	9,012ns
Coeficiente de variação	-	4,27%	4,49%	6,48%

NOTA: ns – não significativo no nível de 5% de probabilidade.

* - significativo no nível de 5% de probabilidade.

O teste de Tukey (Tabela 15) detectou diferenças significativas entre as médias do teor de clorofila total e clorofila “a” para as embalagens testadas e mostrou que as médias do teor de clorofila total são superiores para os filmes flexíveis (PETmet/PE e BOPPmet/PE), entretanto para o teor de clorofila “a”, o filme de PETmet/PE é superior às demais embalagens testadas. Para o teor de clorofila “b” não foi detectado diferenças significativas entre as médias para as três embalagens.

TABELA 15 – VALORES MÉDIOS EM mcg/mg DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA “a” E CLOROFILA “b”, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.

Tratamentos	Clorofila total	Clorofila a	Clorofila b
PETmet/PE	4,979 a	2,808 a	2,169 a
BOPPmet/PE	4,884 ab	2,663 b	2,179 a
PEAD	4,798 b	2,679 b	2,116 a

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Entre os fatores que influenciam a degradação da clorofila, podem ser citados calor, atividade de água, umidade, pH e luz (HAARD; CHISM, 2000). O efeito da temperatura foi pesquisado em diferentes produtos, como por CANJURA, SCHWARTZ e NUNES (1991) em espinafre e WEEMAES et al. (1999) em brócolis, esses autores

descrevem que a clorofila apresentou uma degradação de primeira ordem em função da temperatura.

SCHMALKO; ALZAMORA (2001), pesquisando a redução do teor de clorofila durante o processamento térmico em folhas de erva-mate, retrataram que 80% da perda desse pigmento foi na etapa de sapeco, enquanto que na secagem a perda foi menor, em média 10%.

Os derivados da degradação da clorofila, que se formam durante o tratamento térmico, podem ser classificados pela presença e ausência de magnésio no centro tetrapirrólico. Essa alteração permite que a clorofila apresente diferença na coloração, sendo que com a presença de magnésio a cor será verde e sem esse elemento a cor é pardo oliva (ELBE; SCHWARTZ, 2000).

LAJOLLO, TANNENBAUM e LABUZA (1971), trabalhando com duas temperaturas e cinco níveis de atividade de água, em estudos com espinafre, detectaram que a velocidade de degradação aumenta a partir de uma atividade de água de 0,52 e que abaixo desse valor a influência é pequena. Como exemplo, pode-se citar que a temperatura de 37° C com uma atividade de água de 0,11, a clorofila "a" apresenta uma degradação de 20% em 120 dias, enquanto que uma atividade de água de 0,75 a degradação ocorre em 1,5 dias.

Neste trabalho, nas condições de estudo a degradação da clorofila total, "a" e "b", apresentaram influência da temperatura (25° C), sendo a atividade de água (0,306) e pH (5,90) fatores que determinam a sua modificação. Segundo SCHWARTZ; NUNEZ; MUNOZ (1999), a redução da quantidade de clorofila é proporcional ao aumento da temperatura, existindo uma rápida transformação a 20° C em relação a temperaturas mais baixas, entre 10° C e 0° C

A influência do pH na velocidade de degradação da clorofila foi estudada por RYAN-STONEHAM; TONG (2000), em purê de ervilha. Esses autores detectaram que no intervalo de pH de 5,50 a 7,50, a constante de velocidade específica diminuía ao aumentar o pH. Para todo o período de estudo, o pH da erva-mate não apresentou variação. Entretanto, os valores de pH médio encontrados foram de 5,90; sendo a erva-mate classificada como um alimento pouco ácido, o que se pode dizer que essa faixa

de pH influencia a degradação da clorofila total, “a” e “b” Para minimizar a degradação dos pigmentos, a adição de reguladores de acidez poderia controlar o pH ou alcalinizar os alimentos, justificando o emprego desse tipo de aditivo por razões tecnológicas e sensoriais.

Segundo ELBE; SCHWARTZ (2000), a degradação da clorofila em tecidos vegetais aquecidos é afetada pelo pH. Em meios alcalinos (pH 9,0), a clorofila é estável ao calor, enquanto que em meio ácido (pH 3,0) é instável.

A luz é um fator determinante na degradação ou fotodegradação das clorofilas. Na senescência das folhas, após a destruição dos tecidos vegetais durante o processamento, as moléculas de clorofilas são susceptíveis à fotodegradação, pois perdem a proteção conferida pelos carotenóides e lipídios que as rodeiam (FENNEMA, 2000). Na presente pesquisa, a luz não influenciou na degradação desses pigmentos, pois as embalagens utilizadas apresentaram barreira à luz e o ambiente de armazenamento (estufa) onde foram estocadas as embalagens não apresentava fonte luminosa.

O teste Tukey (Tabela 16) também detectou diferenças significativas entre as médias de clorofila total, “a” e “b”, para o período de 180 dias de experimento, sendo que os teores desses pigmentos diminuíram significativamente ao longo do tempo.

TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA “a” E CLOROFILA “b”, DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.

Tratamentos (dias)	Clorofila total	Clorofila a	Clorofila b
Tempo zero	6,041 a	3,150 ab	2,891 a
Tempo 30	5,608 b	3,234 a	2,376 b
Tempo 60	5,218 c	3,067 b	2,154 c
Tempo 90	4,918 d	2,756 c	2,155 c
Tempo 120	4,681 d	2,429 d	2,168 c
Tempo 150	4,413 e	2,563 d	1,826 d
Tempo 180	3,331 f	1,818 e	1,513 e

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Fazendo um cálculo percentual dos valores médios para os teores de clorofila total, clorofila "a" e clorofila "b", observa-se que esses pigmentos degradaram 44,86%, 44,93% e 47,66%, respectivamente, em 180 dias a uma temperatura de 25° C.

Na Tabela 17 são apresentadas a comparação de médias por embalagem e tempo de armazenagem. Pode-se verificar que houve uma degradação gradativa nos teores de clorofila ao longo de 180 dias. Entretanto, essa degradação não ocorreu de forma regular.

TABELA 17 – VALORES MÉDIOS EM mcg/mg DOS TEORES DE CLOROFILA TOTAL, CLOROFILA "a" E CLOROFILA "b", PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD EM FUNÇÃO DO TEMPO.

Tratamentos (Dias)	Clorofila total			Clorofila a			Clorofila b		
	PET	BOPP	PEAD	PET	BOPP	PEAD	PET	BOPP	PEAD
Tempo zero	6,03a	5,95a	6,14a	3,15a	3,13a	3,17a	2,88a	2,83a	2,96a
Tempo 30	5,76ab	5,62a	5,44b	3,31a	3,22a	3,17a	2,46b	2,42b	2,24bc
Tempo 60	5,26c	4,94b	5,46b	3,23a	2,83b	3,13a	2,03c	2,11c	2,33b
Tempo 90	5,35bc	5,04b	4,36c	3,26a	2,62b	2,39c	2,07c	2,43b	1,97c
Tempo 120	4,63d	4,79bc	4,63c	2,63b	2,27c	2,39c	2,00c	2,27bc	2,24bc
Tempo 150	4,35d	4,41c	4,47c	2,22c	2,64b	2,83b	2,13c	1,70d	1,64d
Tempo 180	3,47e	3,43d	3,09d	1,86d	1,93d	1,66d	1,62d	1,50d	1,42d

NOTA: Médias para mesma embalagem, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que o teor de clorofila total, clorofila "a" e clorofila "b" da erva-mate degradaram em função do tempo e tipo de embalagem plástica. De acordo com a Tabela 17, os valores percentuais encontrados para a redução do teor de clorofila total foi de 42,45%, 42,35% e 49,67%; para a clorofila "a" foi de 43,81%, 40,06% e 47,63%; e para a clorofila "b" foi de 43,75%, 40,06% e 47,63% para as embalagens de PET, BOPP e PEAD, respectivamente.

Dessa forma, foi possível observar que em determinados tempos o teor de clorofila total, "a" e "b" foi maior que o teor do tempo anterior. Essa variação pode ser explicada devido ao experimento ser conduzido com erva-mate verde do tipo comercial. Esse produto apresenta diferenças nas quantidades de pó da fração palito na mistura com a fração folhas, sendo que essa variação pode estar influenciando na

determinação da clorofila total, a e b, não ocorrendo uma redução regular e constante desses pigmentos em função do tempo.

As médias para a interação tempo x embalagem apresentaram diferenças significativas, porém, pode-se demonstrar que a degradação da clorofila total, "a" e "b" determinadas são mais dependentes do tempo de armazenagem do que do tipo de embalagem. O material de embalagem também apresenta diferenças significativas, entretanto os filmes plásticos laminados apresentam médias superiores para as clorofila total e clorofila "a", comparado ao frasco de polietileno de alta densidade. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de o frasco de PEAD apresentar maior quantidade de oxigênio no espaço livre do frasco, favorecendo assim a degradação das clorofilas.

A oxidação da clorofilas é evidenciada quando estas são dissolvidas em álcool ou outro dissolvente e expostas ao ar. Esse processo é conhecido como alomerização e está associado à captação equimolecular do oxigênio pelas moléculas de clorofilas presentes. A alteração da clorofila pode ocorrer devido à oxidação do anel do ciclo de pentanona (anel V da molécula de clorofila) ou pela eliminação do grupo carbometoxila em C-10 (ELBE; SCHWARTZ, 2000).

4.6 MEDIDA DE COR

A cor se refere à percepção humana dos materiais coloridas. Os alimentos apresentam cor devido à sua capacidade para refletir ou emitir diferentes quantidades de energia em comprimentos de onda que estimulam a retina do olho (FENNEMA, 2000).

Os resultados da análise de variância das medidas de cor, apresentados na Tabela 18, indicam que os fatores embalagens e tempo não são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores foi significativa para as determinações. Houve diferenças estatisticamente significativas entre as embalagens, entre os tempos e entre a interação desses fatores testados.

TABELA 18 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L, “-a” e “b” DO SISTEMA CIELab, EM ERVA-MATE PARA CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		L	“- a”	“b”
Tratamentos	20	14,702*	25,975*	16,795*
Fator A (embalagem)	2	42,459*	62,493*	43,118*
Fator B (tempo)	6	26,405*	54,687*	30,006*
Fator AB (embalagem x tempo)	12	4,224*	5,532*	5,802*
Erro experimental	63	0,027	0,004	0,010
Total	83	-	-	-
Teste de Bartlett	-	10,264ns	9,808ns	11,876ns
Coeficiente de variação	-	0,32%	1,02%	0,39%

NOTA: ns – não significativo no nível de 5% de probabilidade.

* - significativo no nível de 5% de probabilidade.

A degradação e/ou oxidação da clorofila produz modificações na coloração verde dos alimentos de origem vegetal. Neste trabalho, onde foi utilizado o sistema CIELab, a cor verde pode ser detectada pela variação dos valores da coordenada “a” (escala de cor que representa a variação do verde ao vermelho). Os valores negativos “-a” representam tonalidades de verde, sendo que quanto menor for esse valor mais verde é o produto. A coordenada “b” representa a escala de cor com variação do amarelo ao azul. Os valores positivos nesta escala fazem referência às tonalidades de amarelo, sendo que quanto maior for esse valor mais amarelo é o produto.

A luminosidade de um alimento, por sua vez, é mensurada pela variação de escala da coordenada L, sendo que quanto mais próximo for o valor de 0, mais escuro o produto, enquanto que valores próximos de 100 representam um produto mais claro ou branco.

SCHMALKO; ALZAMORA (2001) verificaram que as leituras de coloração para erva-mate chimarrão (L = luminosidade, -a = cor verde e b = cor amarelo) modificaram-se após o processamento térmico. Durante o processo industrial, as diferenças não foram significativas para leituras de L. Porém, diferenças significativas foram detectadas nas coordenadas “-a” e “b”, principalmente após o sapeco (inativação enzimática) e subsequente secagem.

A leitura de cor da erva-mate chimarrão durante o período de 180 dias de armazenamento variou significativamente, demonstrando que o tempo leva à degradação da cor. Para todas as embalagens testadas, o efeito do tempo apresentou valores significativos, revelando que a partir do tempo zero ocorreu um decréscimo no índice da cor verde e cor amarela, detectadas respectivamente pela variação das coordenadas “-a” e “b”, do sistema CIELab. Para a variável luminosidade L houve um acréscimo, evidenciando que quanto maior for esse valor mais claro a erva-mate.

O teste de Tukey para comparação de médias (Tabela 19) detectou diferenças significativas entre as médias das leituras de luminosidade “L” e dos índices de cor “-a” e “b”, para as embalagens testadas e mostrou que as médias para coordenadas de cor são superiores para o filme flexível PETmet/PE que para as demais embalagens testadas.

TABELA 19 – VALORES MÉDIOS DAS MEDIDAS DE COR L, “-a” e “b” PELO SISTEMA CIELab, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.

Tratamentos	Luminosidade L	Coordenada de cor “- a”	Coordenada de cor “b”
PETmet/PE	48,78 c	- 8,034 a	27,26 a
BOPPmet/PE	50,79 b	- 5,521 b	25,17 b
PEAD	51,02 a	- 5,378 c	25,05 b

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

A qualidade de um alimento é avaliada pelo consumidor pelas suas características sensoriais, destacando-se dentre elas a cor. Segundo SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI (2001), o consumidor espera ver nos alimentos, frescos ou processados, uma aparência natural que os torne atraentes. A ausência do aspecto natural acarreta a rejeição do produto e leva o consumidor a interpretar que tais alimentos estejam deteriorados e/ou adulterados.

A embalagem apresenta fator determinante na manutenção da cor em alimentos e a sua escolha deve levar em consideração as características do alimento e as possíveis causas de sua deterioração. A especificação do material de embalagem deve apresentar requisitos criteriosamente estabelecidos e fundamentais para controlar ou

minimizar as alterações, conservando dessa forma os alimentos por um período de vida útil suficientemente adequado.

Para o alimento erva-mate chimarrão, dentre os atributos sensoriais, a cor verde é considerada pelo consumidor como fator determinante no momento da escolha. O produto que apresentar cores diferentes do verde, requerida pelo consumidor de chimarrão, seguramente será rejeitado.

O teste Tukey (Tabela 20) também detectou diferenças significativas entre as médias de luminosidade L e coordenadas de cor “-a” e “b”, para os 180 dias de experimento, e que as medidas variaram significativamente em função do tempo.

TABELA 20 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR L, “-a” e “b” PELO SISTEMA CIELab, DETERMINADAS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.

Tratamentos (dias)	Luminosidade (L)	Coordenada de cor “- a”	Coordenada de cor “b”
Tempo zero	48,20 f	- 9,551 a	27,63 b
Tempo 30	48,50 e	- 8,740 b	27,76 a
Tempo 60	49,62 d	- 6,716 c	26,67 c
Tempo 90	50,32 c	- 5,779 d	25,90 d
Tempo 120	51,17 b	- 4,869 e	24,46 e
Tempo 150	51,77 a	- 4,366 f	24,04 f
Tempo 180	51,81 a	- 4,158 g	23,34 e

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios para as leituras de cor “- a”, “b” e luminosidade L, fazendo o cálculo percentual, degradaram 56,46%, 15,92% e 6,96%, respectivamente, em 180 dias, a uma temperatura de 25° C com atividade de água média de 0,306 (ver Tabela 12). A cor verde é a tonalidade de cor da erva-mate que mais degradou, revelando que o tempo é um fator determinante na alteração desse alimento.

Na Tabela 21 são apresentadas a comparação de médias por embalagem e tempo de armazenagem. O teste revelou que para a embalagem de PETmet/PE, as médias apresentaram maior estabilidade quanto ao atributo cor durante os 180 dias de armazenagem com temperatura controlada de 25° C. A comparação de médias para as embalagens de BOPPmet/PE e PEAD apresentaram diferenças significativas e um

comportamento em função do tempo, com valores equivalentes quanto à proteção do produto envasado.

A modificação da cor verde é devido a alterações na coloração das clorofilas, que pode ocorrer quando a molécula de clorofila reage com o oxigênio, sendo os produtos resultantes dessa reação pouco conhecidos. No caso de vegetais frescos, a degradação enzimática da clorofila pode ser retardada pela modificação da atmosfera, contendo concentrações elevadas de gás carbônico. Com a presença do gás etileno, a destruição da clorofila é rápida (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

TABELA 21 - VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR L, "-a" e "b" PELO SISTEMA CIELab, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD EM FUNÇÃO DO TEMPO.

Tratamentos (Dias)	Luminosidade L			Coordenada de cor "- a"			Coordenada de cor "b"		
	PET	BOPP	PEAD	PET	BOPP	PEAD	PET	BOPP	PEAD
Tempo zero	48,22b	48,31f	48,08f	-9,55a	- 9,57a	- 9,53a	27,57a	27,65a	27,67a
Tempo 30	48,31b	48,71e	48,47e	- 8,73b	- 8,76b	- 8,73b	27,69a	27,82a	27,77a
Tempo 60	48,81a	50,26d	49,80d	- 8,02c	- 5,57c	- 6,56c	27,14b	26,27b	26,62b
Tempo 90	48,88a	50,90c	51,17c	- 7,91c	- 4,86d	- 4,57d	27,17b	25,38c	25,16c
Tempo 120	49,10a	51,60b	52,81b	- 7,94c	- 3,57e	- 3,10e	27,01b	23,47d	22,90d
Tempo 150	49,10a	52,96a	53,25a	- 6,98d	- 3,23f	- 2,88f	27,13b	22,31e	22,67e
Tempo 180	49,06a	52,77a	53,60a	- 7,11d	- 3,08g	- 2,29g	27,11b	23,31d	22,59e

NOTA: Médias para mesma embalagem, seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se que as medidas de luminosidade (L), cor "-a" e cor "b" para a erva-mate degradaram em função do tempo e tipo de embalagem plástica. Na Tabela 21 são mostrados os valores percentuais encontrados para a variação da luminosidade (L), que foram de 1,79%, 8,78% e 10,30%; para a cor "-a" foram de 26,91%, 67,82% e 75,97%; e para a cor "b" foram de 2,03%, 19,81% e 18,65% para as embalagens de PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD, respectivamente.

SORDI et al. (2003) verificaram que quanto maior for o nível de vácuo menor será a degradação da cor na erva-mate chimarrão. Uma discreta melhoria na conservação da cor verde foi detectada quando utilizado uma atmosfera modificada contendo dióxido de carbono.

Nesse contexto, o oxigênio atmosférico também é um fator extrínseco de importância significativa, pois a sua presença favorece a oxidação de pigmentos como a clorofila, alterando dessa forma a cor da erva-mate. Minimizar o contato da erva-mate com o oxigênio diminui a degradação de sua cor verde.

Os resultados obtidos para as três embalagens testadas demonstraram que a embalagem de polietileno tereftalato (PETmet/PE) apresentou maior estabilidade para manutenção da cor verde na erva-mate. Todavia, isso ocorreu devido essa embalagem apresentar uma menor taxa de permeabilidade ao oxigênio (ver a Tabela 7). Um efeito protetor semelhante, para a erva-mate, poderia ter ocorrido com o frasco de PEAD, mas não ocorreu uma vez que durante o envase do produto uma grande quantidade de oxigênio permaneceu no espaço livre da embalagem, favorecendo assim, a degradação da cor. Segundo GARCIA, PADULA e SARANTÓPOULOS (1989), a embalagem de PETmet/PE é classificada como de altíssima barreira ao oxigênio.

A erva-mate chimarrão é um alimento sensível ao oxigênio, dessa forma o material de embalagem deverá oferecer, além da barreira ao vapor d'água, também barreira ao oxigênio. Para SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI (2001), a proteção ao oxigênio requerida irá depender do limite máximo aceitável de oxigênio. Dependendo das exigências do produto, laminados de BOPPmet/PE e PETmet/PE podem ser suficientes. No caso do polietileno e do polipropileno esses oferecem barreira ao vapor d'água, mas não são indicados para produtos que exigem proteção ao oxigênio.

A embalagem exerce uma função importante na manutenção da cor de um alimento como a erva-mate e, conseqüentemente, na sua qualidade e vida útil. Para o fator temperatura, não cabe a embalagem a função de proteger, sendo necessário um sistema de refrigeração ou redução da temperatura de acondicionamento.

4.7 CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS

Os resultados da análise de variância para cafeína e polifenóis totais, apresentados na Tabela 22, indicam que os fatores embalagens e tempo não são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores foi significativa. Com

exceção para o teor de cafeína em que o fator embalagem não apresentou diferenças significativas.

TABELA 22 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS DETERMINAÇÕES DE CAFEÍNA (mg/g) E POLIFENÓIS TOTAIS (mg/g), EM ERVA-MATE CHIMARRÃO, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 21 TRATAMENTOS (EMBALAGEM X TEMPO).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	
		Cafeína	Polifenóis totais
Tratamentos	20	3,640*	1151,829*
Fator A (embalagem)	2	0,008ns	5,598*
Fator B (tempo)	6	11,989*	3821,824*
Fator AB (embalagem x tempo)	12	0,070*	7,871*
Erro experimental	63	0,003	0,341
Total	83	-	-
Teste de Bartlett	-	9,421ns	10,286ns
Coefficiente de variação	-	0,66%	0,61%

NOTA: ns – não significativo no nível de 5% de probabilidade.

* - significativo no nível de 5% de probabilidade.

O teste de Tukey para comparação de médias (Tabela 23) não detectou diferenças significativas entre as médias da determinação de cafeína para as embalagens testadas. Para as embalagens de PETmet/PE e BOPPmet/PE, as médias dos polifenóis totais não diferiram entre si e foram superiores à embalagem de PEAD.

TABELA 23 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD.

Tratamentos	Cafeína (mg/g)	Polifenóis totais (mg/g)
PETmet/PE	8,681 a	95,96 a
BOPPmet/PE	8,648 a	95,67 a
PEAD	8,668 a	95,08 b

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Entre as várias técnicas disponíveis para a análise de cafeína em alimentos, a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) tem sido a metodologia de escolha. Dentre as vantagens desta técnica estão a sensibilidade, especificidade e rapidez na

execução, sem a necessidade de intensa manipulação das amostras (BLAUCH; TARKA, 1983).

As variações nos teores de cafeína encontrados na literatura podem estar associadas a fatores ambientais, a genética da planta e, inclusive, às técnicas de análise laboratorial (PARANÁ, 2000). Para efeito comparativo dos teores de cafeína com dados da literatura serão considerados os trabalhos com determinação dessa metilxantina por CLAE para reduzir essa fonte de variação.

SANTOS et al. (2003), trabalhando com 40 diferentes marcas de erva-mate chimarrão processada (pronta para consumo) de diferentes localidades da zona produtora brasileira, obtiveram por CLAE teores de cafeína que variaram de 3,13 a 9,49 mg/g de erva-mate. Comparado os resultados obtidos para as três diferentes embalagens (Tabela 23) com os registrados por SANTOS et al. (2003), pode-se verificar que os teores de cafeína analisados encontram-se dentro das faixas apresentadas por esses autores.

O teor de cafeína também varia e é reduzido significativamente durante o processamento industrial e em função do tipo de equipamento empregado no beneficiamento da erva-mate. A redução no teor de cafeína durante o processamento se deve, provavelmente, à degradação térmica da cafeína em função das elevadas temperaturas a que o produto é submetido durante as operações de sapeco e secagem (ESMELINDRO *et al.*, 2002).

O trabalho de DONADUZZI et al. (2000) mostra os teores de polifenóis totais obtidos para erva-mate chimarrão (pronta para o consumo), de diferentes regiões do Paraná e Santa Catarina, variando de 81,90 a 101,20 mg/g de erva-mate. Comparando com os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 23), pode-se verificar que os teores dos polifenóis totais analisados encontram-se em concordância com a faixa reportada por esses autores.

O teste Tukey para comparação de médias (Tabela 24) revelou diferenças significativas entre as médias de cafeína e polifenóis totais, para o período de 180 dias de armazenagem, e que essas determinações variaram significativamente em função do tempo.

TABELA 24 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, DETERMINADOS AOS 0, 30, 60, 90, 120, 150 E 180 DIAS.

Tratamentos (dias)	Cafeína (mg/g)	Polifenóis totais (mg/g)
Tempo zero	6,900 e	57,48 e
Tempo 30	8,147 d	88,96 d
Tempo 60	8,753 c	108,10 a
Tempo 90	8,786 c	104,20 b
Tempo 120	8,938 b	103,60 bc
Tempo 150	8,903 b	103,10 b
Tempo 180	10,230 a	130,60 bc

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Os resultados para os teores de cafeína e polifenóis totais aumentaram significativamente em função do tempo. Segundo COSTA (1994), a cafeína é a metilxantina mais freqüente e presente em diferentes espécies vegetais, estando unida a taninos, ácido clorogênico e ainda a açúcares e seus ésteres sob a forma de complexos frágeis dissociáveis em água. Na técnica para preparo da amostra na determinação de cafeína o óxido de magnésio decompõe as combinações naturais e simultaneamente atua como adsorvente de matérias corantes e taninos.

De acordo com esse mesmo autor, a cafeína no café encontra-se em parte livre, em conseqüência da decomposição parcial do respectivo sal durante a secagem do café verde e do processo de torrefação.

Segundo MAZZAFERA; YAMAOKA-YANO; VITORIA (1996), na célula vegetal a cafeína encontra-se complexada com potássio e ácido clorogênico. Acredita-se que a complexação de cafeína com esse ácido fenólico seja o artifício responsável pela retenção do alcalóide no interior da célula. Dessa forma, a maior quantidade de cafeína intercelular em folhas mais velhas de café poderia ser reflexo da degradação do ácido clorogênico.

Nesse contexto, os resultados obtidos para a determinação da cafeína na erva-mate, que ao longo do tempo aumentaram significativamente, evidenciaram que a cafeína que estaria na forma livre. O que pode ter ocorrido ao longo do tempo foi que a

extração realizada com óxido de magnésio em meio aquoso e sob aquecimento não era suficientemente eficaz para quebrar o complexo entre cafeína e polifenóis.

Dessa forma, com o passar do tempo o complexo naturalmente era quebrado, por mecanismos ainda não esclarecidos, sendo assim, o método para determinação de cafeína recuperava um teor maior dessa metilxantina com o passar do tempo. O mesmo ocorreu com os polifenóis totais que aumentaram até 90 dias de armazenamento. Decorrido esse tempo, o teor reduziu, mas se manteve constante. Essa redução pode ter influência do oxigênio atmosférico e oxigênio presente no espaço livre da embalagem, mas este é um dado não conclusivo, fazendo-se necessário um maior acompanhamento com substâncias químicas marcadores para elucidar melhor as reações químicas da erva-mate e esclarecer esses resultados.

Na Tabela 25 são apresentadas a comparação de médias por embalagem e tempo de armazenagem. Observa-se que independente do tipo de embalagem, os teores de cafeína e polifenóis totais apresentaram as mesmas características.

TABELA 25 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE CAFEÍNA E POLIFENÓIS TOTAIS, PARA AS EMBALAGENS PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD, DETERMINADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO.

Tratamentos (Dias)	Cafeína (mg/g)			Polifenóis totais (mg/g)		
	PET	BOPP	PEAD	PET	BOPP	PEAD
Tempo zero	6,86 e	6,96 e	6,89 e	56,78 d	59,47 d	56,20 d
Tempo 30	8,28 d	7,87 d	8,29 d	89,34 c	89,03 c	88,51 c
Tempo 60	8,71 c	8,83 c	8,72 c	111,48 a	105,71 a	107,08 a
Tempo 90	8,87 b	8,81 c	8,68 c	104,17 b	105,05 a	103,46 b
Tempo 120	8,85 b	9,02 b	8,95 b	103,63 b	103,47 b	103,48 b
Tempo 150	8,82 bc	8,96 b	8,93 b	103,09 b	103,47 b	102,82 b
Tempo 180	10,38 a	10,10 a	10,22 a	103,24 b	103,50 b	103,95 b

NOTA: Médias para mesma embalagem, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios para os teores de cafeína, para as embalagens de PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD, fazendo o cálculo percentual aumentaram 33,91%, 31,09% e 32,58%, respectivamente, em 180 dias, a uma temperatura de 25° C com atividade de água média de 0,306 (ver Tabela 12). Enquanto que os teores de

polifenóis totais aumentaram significativamente até os 90 dias de armazenamento. Decorrido esse período, o teor reduziu significativamente, mantendo-se constante até 180 dias de armazenamento.

BARCELOS *et al.* (2001), avaliando a casca e a polpa desidratada de café armazenadas por um período de 12 meses, verificaram que o teor de cafeína durante esse período foi de 8,30 para 9,40 mg/g, aumentando significativamente 11,70%, entretanto não foi possível estabelecer uma explicação biológica para essa constatação. O mais provável é que a diminuição dos compostos fenólicos pode levar a uma maior estimativa da cafeína.

Os resultados para o teor de polifenóis totais reduziram significativamente durante o período de 360 dias de armazenamento. Essa redução foi de 38,60% no período de um ano (BARCELOS *et al.*, 2001).

4.8 MICROBIOLOGIA DA ERVA-MATE

A erva-mate é considerada um alimento não perecível, pois quando estocado à temperatura ambiente não sofre alterações significativas de origem microbiológica. A susceptibilidade desse alimento à contaminação microbiológica é variável em função de fatores intrínsecos e extrínsecos do produto. Segundo ORTIZ (1982), o alimento fornece ao microrganismo os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, como fatores inerentes ao alimento, podem ser citados atividade de água, pH e composição química. Os fatores externos ao alimento são os que dependem das condições do ambiente como umidade relativa, temperatura, oxigênio e outros gases.

Segundo ROBERTSON (1993), o ganho de umidade promove um aumento na atividade de água do alimento que pode levar, dentre outros, ao desenvolvimento microbiano. Os níveis mínimos de atividade de água necessários para o desenvolvimento de microrganismos depende de fatores como temperatura, pH, oxigênio e disponibilidade de nutrientes. O princípio geral diz que quanto mais agressivo for o ambiente ao microrganismo maior se torna a atividade de água mínima exigida para a proliferação microbiológica.

A contagem microbiológica de bactérias mesófilas, coliformes a 35° C e bolores e leveduras, para erva-mate chimarrão, são apresentadas nas Tabelas 26, 27 e 28, para as embalagens PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD, respectivamente. A contagem de coliformes a 45° C foi < 3 (negativo) e para pesquisa de *Salmonella* foi ausência em 25 g de erva-mate, para as três embalagens testadas, durante o período de 180 dias. Para erva-mate analisada, são considerados os teores médios de umidade 3,63%, atividade de água 0,306 e o pH de 5,90. Os resultados apresentados representam duas médias de duplicadas com duas repetições verdadeiras.

TABELA 26 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PETmet/PE.

Período	Mesófilas UFC/g		Bolores e leveduras UFC/g		Coliformes a 35° C NMP/g	
Zero dia	3,5 x 10 ²	9,0 x 10 ²	4,0 x 10 ²	6,0 x 10 ²	9,1	23
30 dias	1,8 x 10 ³	2,2 x 10 ³	2,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²	3,6	< 3
60 dias	1,5 x 10 ²	4,8 x 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	3,6	3,6
90 dias	1,3 x 10 ²	4,4 x 10 ²	2,5 x 10 ²	1,5 x 10 ²	3,6	< 3
120 dias	5,5 x 10 ²	2,0 x 10 ³	3,5 x 10 ²	3,0 x 10 ²	< 3	3,6
150 dias	1,1 x 10 ³	3,8 x 10 ³	2,5 x 10 ²	3,5 x 10 ²	3,6	< 3
180 dias	1,1 x 10 ²	1,8 x 10 ²	3,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²	3,6	< 3

TABELA 27 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE BOPPmet/PE.

Período	Mesófilas UFC/g		Bolores e leveduras UFC/g		Coliformes a 35° C NMP/g	
Zero dia	2,5 x 10 ²	7,0 x 10	3,0 x 10 ²	3,5 x 10 ²	23	9,1
30 dias	2,9 x 10 ³	3,5 x 10 ³	5,0 x 10 ²	2,5 x 10 ²	23	9,1
60 dias	3,8 x 10 ²	7,8 x 10 ³	1,0 x 10 ²	1,0 x 10 ²	< 3	3,6
90 dias	1,2 x 10 ³	3,3 x 10 ²	1,0 x 10 ²	2,0 x 10 ²	3,6	< 3
120 dias	5,0 x 10 ²	5,2 x 10 ³	3,0 x 10 ²	2,0 x 10 ²	23	3,6
150 dias	4,5 x 10 ³	6,0 x 10 ²	2,5 x 10 ²	2,0 x 10 ²	3,6	3,6
180 dias	2,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²	3,5 x 10 ²	4,5 x 10 ²	9,1	3,6

TABELA 28 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS, COLIFORMES A 35° C E BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PEAD.

Período	Mesófilas UFC/g		Bolores e leveduras UFC/g		Coliformes a 35° C NMP/g	
Zero dia	1,6 x 10 ²	5,0 x 10 ²	3,5 x 10 ²	2,0 x 10 ²	23	9,1
30 dias	8,0 x 10 ²	2,0 x 10 ³	3,0 x 10 ²	2,0 x 10 ²	3,6	9,1
60 dias	1,8 x 10 ²	9,0 x 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 3	3,6
90 dias	4,5 x 10 ²	3,2 x 10 ²	2,0 x 10 ³	2,0 x 10 ²	9,1	< 3
120 dias	9,0 x 10 ²	7,5 x 10 ²	3,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²	< 3	3,6
150 dias	6,0 x 10 ²	1,2 x 10 ³	2,0 x 10 ²	1,0 x 10 ²	3,6	9,1
180 dias	2,5 x 10 ²	2,5 x 10 ²	1,5 x 10 ²	3,0 x 10 ²	3,6	< 3

Segundo a Resolução RDC n.º 12 (BRASIL, 2001b), que estabelece as contagens microbiológicas de interesse sanitário e seus respectivos limites para amostras indicativas, a erva-mate é classificada como um alimento consumido com adição de água e emprego de calor. De acordo com a legislação brasileira, o produto erva-mate chimarrão apresentou resultados de contagem microbiológica abaixo dos limites máximos permitidos. A Organização Mundial da saúde (OMS) estabelece também, além dos microrganismos de interesse sanitário, os microrganismos relacionados as boas práticas de fabricação, como as bactérias mesófilas e os bolores e leveduras (WHO, 1998). Para essas contagens, a erva-mate apresentou resultados satisfatórios, que estão abaixo dos limites máximos permitidos para chás consumidos na forma de infusão ou decocção.

Deve ficar claro que para produção de uma erva-mate para chimarrão de boa qualidade é indispensável contar com uma matéria-prima também de boa qualidade. Sugere-se que a qualidade da matéria-prima vem do campo, tendo em vista o uso de boas práticas agrícolas nas etapas de corte, coleta e transporte, devendo nessas etapas serem respeitadas as condições adequadas de higiene. O processo de beneficiamento da erva-mate não pode melhorar as condições sanitárias, pode sim reduzir a carga microbiana inicial, mas que nem sempre a uma carga microbiana que seja suficientemente segura para o consumidor desse alimento.

Segundo SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI (2001), do ponto de vista microbiológico, se os alimentos forem devidamente processados, caberá a embalagem

a função de protegê-los contra os fatores extrínsecos, tais como o oxigênio e o vapor d'água. O emprego de materiais de embalagem com baixa permeabilidade ao vapor d'água e oxigênio minimiza ou impede seu contato com o alimento, reduzindo a possibilidade de deterioração. Além da deterioração, outra questão relacionada ao crescimento de microrganismos é o risco de problemas com a saúde pública e se deve ao fato de alguns desses microrganismos serem patogênicos para o seres humanos.

Em sentido amplo, a qualidade microbiológica da erva-mate não pode ser analisada tão somente por sua contagem microbiana, como medida, e controlada independentemente. Para alcançar a qualidade desejada tornam-se indispensáveis a avaliação e padronização das etapas de fabricação ou produção da erva-mate, origem da matéria-prima, material de embalagem, equipamentos, operadores, higienização e sanitização da fábrica, armazenamento adequado, transporte e por fim o local de venda. Nesse contexto, qualidade pode ser considerada como grau de excelência de um alimento.

4.9 MICROBIOLÓGIA DA EMBALAGEM

A contagem microbiológica de bactérias mesófilas e de bolores e leveduras são apresentadas na Tabela 29, para as embalagens de PETmet/PE, BOPPmet/PE e PEAD. A contagem foi expressa em UFC/superfície interna da embalagem.

TABELA 29 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE MESÓFILAS TOTAIS E DE BOLORES E LEVEDURAS, PARA A EMBALAGEM DE PETmet/PE, BOPPmet/PE E PEAD, EXPRESSOS EM UFC/SUPERFÍCIE INTERNA DA EMBALAGEM

Análises	PETmet/PE		BOPPmet/PE		PEAD	
Mesófilas	2,0 x 10	< 10	4,2 x 10 ²	< 10	4,1 x 10 ²	2,6 x 10 ²
Bolores e leveduras	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²

Os resultados obtidos para as três embalagens analisadas demonstram que as embalagens não constituem fonte de contaminação microbiológica para a erva-mate. Dessa forma, a contaminação presente na erva-mate é oriunda da própria microbiota natural do produto ou por contaminação durante o processamento. Neste trabalho não houve aumento das contagens microbiológicas durante todo o tempo de

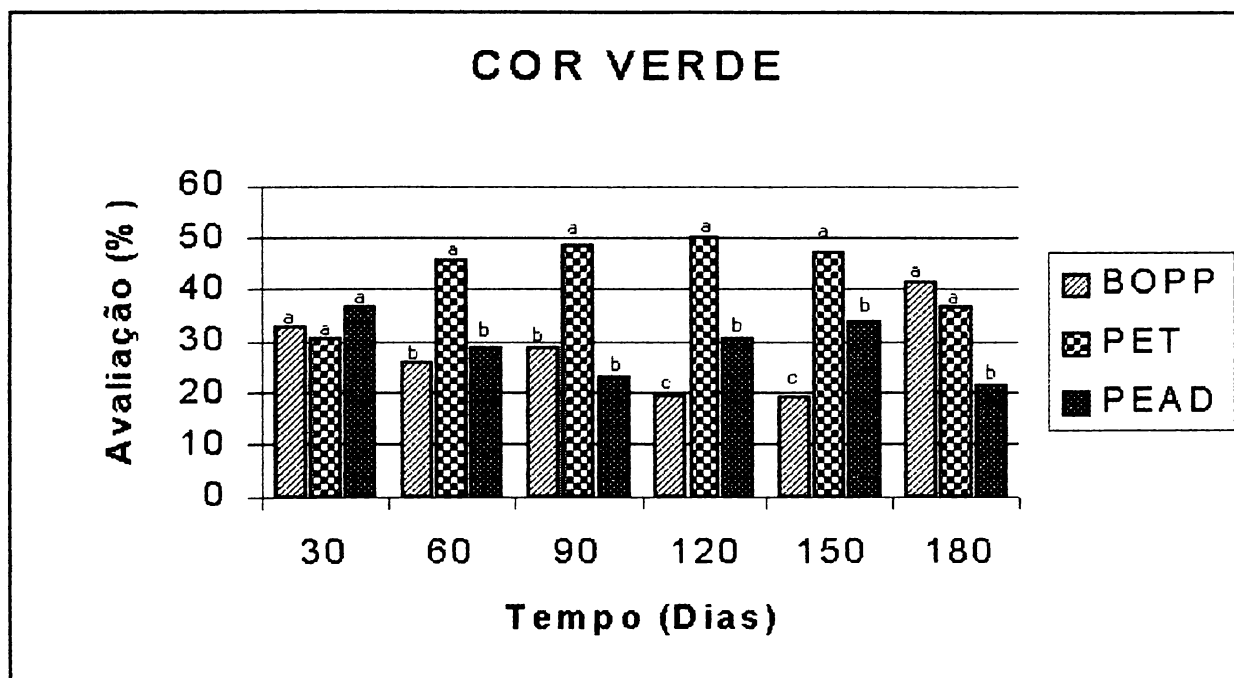
armazenamento, houve sim uma variação na contagem ao longo do tempo, mas que estão abaixo dos limites estabelecidos por legislação vigente.

4.10 ATRIBUTO SENSORIAL

4.10.1 Cor verde

Os resultados do teste de ordenação, apresentados na Figura 10, são para a análise sensorial da intensidade do atributo cor verde da erva-mate chimarrão. O teste de comparação de médias revelou diferenças significativas a 5% de probabilidade para as três embalagens testadas ao longo do tempo.

FIGURA 10 – RESULTADOS DO TESTE DE ORDENAÇÃO PARA ANÁLISE SENSORIAL DO ATRIBUTO COR VERDE DA ERVA-MATE CHIMARRÃO.



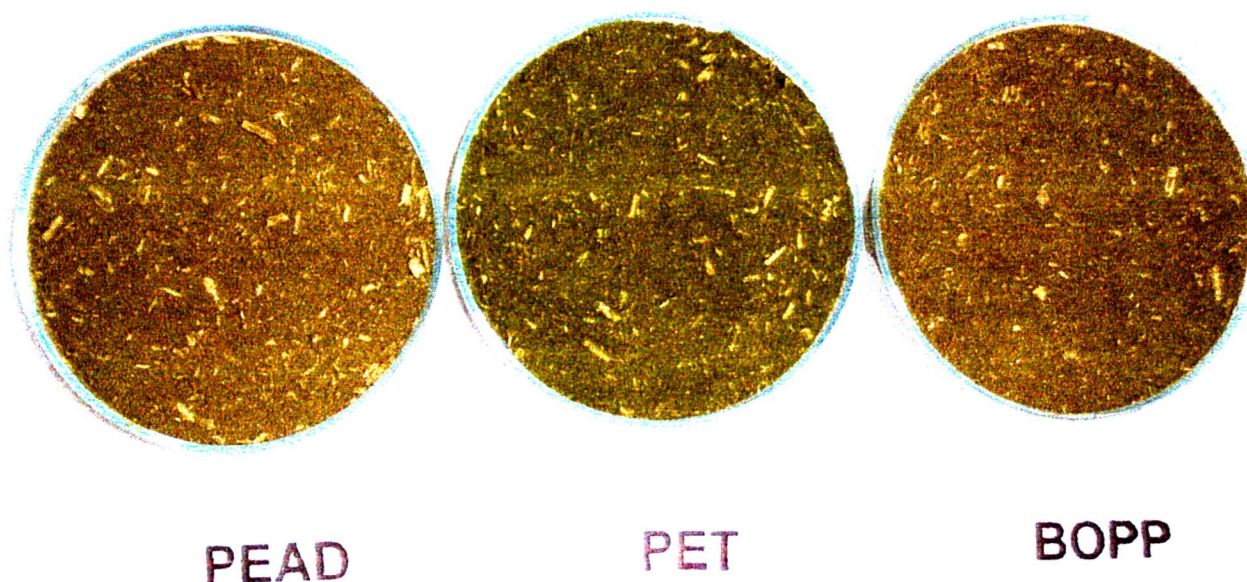
NOTA: Resultados seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Para o atributo cor verde da erva-mate chimarrão, avaliado pelos julgadores, destaca-se a diferença significativa a 5% de probabilidade aos 60 dias de armazenagem do produto, a uma temperatura de 25° C. A erva-mate envasada na embalagem PETmet/PE manteve o atributo cor verde com maior intensidade durante cinco meses de armazenamento, com diferença estatística significativa, comparada

com as demais embalagens testadas. Em seis meses de armazenagem, as embalagens PETmet/PE e BOPPmet/PE apresentaram a mesma intensidade de cor, evidenciando que a embalagem PETmet/PE prolonga o tempo para redução significativa do atributo cor verde, enquanto os materiais BOPPmet/PE e PEAD, a partir de 60 dias de armazenamento, apresentam perda significativa entre si para a intensidade de cor verde.

Esses resultados evidenciam a importância da embalagem na função de proteger os alimentos, conforme apresentado na Figura 11. A escolha do material de embalagem adequado para determinado produto, no caso erva-mate chimarrão, deve considerar as características desse alimento e os fatores que condicionam a degradação ou oxidação de seus pigmentos, como exemplo da clorofila, componente esse responsável pela cor verde.

FIGURA 11 – VARIAÇÃO DA TONALIDADE DE COR VERDE DA ERVA-MATE EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES EMBALAGENS PLÁSTICAS.

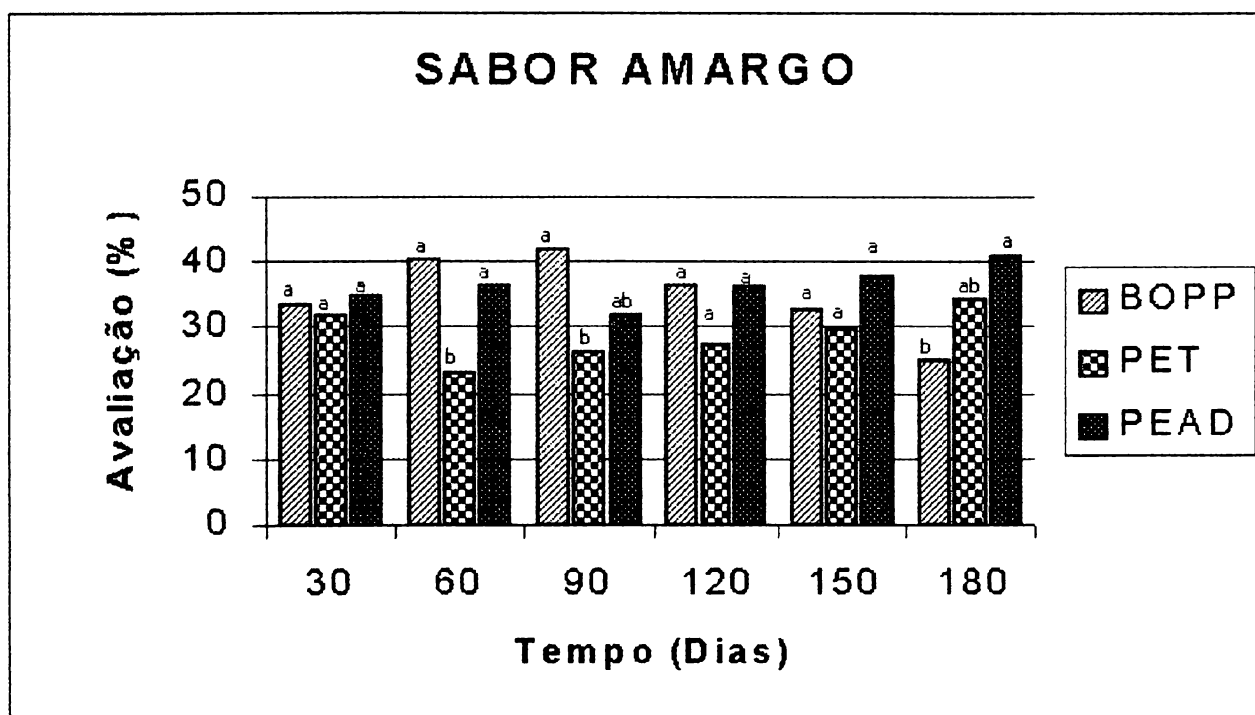


4.10.2 Sabor amargo

Os resultados do teste de ordenação, apresentados na Figura 12, são para a análise sensorial da intensidade de sabor amargo da erva-mate chimarrão. O teste de comparação de médias revelou diferenças significativas a 5% de probabilidade para as três embalagens testadas aos 60, 90 e 180 dias.

Para o atributo sabor amargo da erva-mate chimarrão, avaliado pelos julgadores, destaca-se a diferença significativa a 5% de probabilidade aos 60, 90 e 180 dias de armazenagem do produto, a uma temperatura de 25° C. A erva-mate envasada na embalagem PETmet/PE apresentou o atributo sabor amargo, durante um período de 120 dias de armazenamento, com uma menor intensidade que as demais embalagens testadas, tendo em vista que as diferenças estatísticas significativas somente ocorreram aos 60, 90 e 180 dias.

FIGURA 12 – RESULTADOS DO TESTE DE ORDENAÇÃO PARA ANÁLISE SENSORIAL DO ATRIBUTO SABOR AMARGO DA ERVA-MATE CHIMARRÃO.



NOTA: Resultados seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Segundo MACCARI JUNIOR et al. (2003), trabalhando com três diferentes morfotipos de erva-mate, sassáfras, cinza e amarelinha, observaram que lotes de erva-

mate com diferentes teores de cafeína não apresentaram diferenças na intensidade do sabor amargo. Esse resultado está de acordo com o observado para chá (*Camelia sinensis*), produto no qual a cafeína tem participação limitada na geração do sabor amargo segundo a FAO (1974).

Uma das análises interessantes que pode ser feita é quando se compara o teor de cafeína e polifenóis totais com o sabor amargo da erva-mate. Os resultados apresentados (ver Tabela 23) revelaram que não houve diferenças estatísticas significativas nos teores de cafeína e polifenóis totais, para as três embalagens testadas, com exceção do PEAD que apresentou um menor teor de polifenóis totais. Dessa forma, como os teores não variaram em função da embalagem mas sim ao longo do tempo, as diferenças deste atributo da erva-mate nas embalagens aos 60, 90 e 180 dias de armazenamento foram devido a outros fatores. Assim, o que pode ter contribuído para modificação do sabor amargo da erva-mate está em função da degradação dos componentes desse chá, como a oxidação dos lipídios e da clorofila.

A erva-mate apresentou ao longo do tempo características semelhantes para as três embalagens testadas. Entretanto, as diferenças observadas para as três embalagens apresentaram outro fator que contribuiu para a intensidade do sabor amargo. Pode-se dizer que algum composto químico da erva-mate, que foi degradado ao longo do tempo por influência da permeabilidade ao oxigênio da embalagem, conferindo assim um sabor amargo com maior intensidade para a erva-mate envasada na embalagem com um maior TPO₂ que foi a BOPPmet/PE. Para a embalagem de PEAD houve influência do oxigênio retido no espaço livre da embalagem e da permeação desse gás através do polímero.

A observação que pode ser feita quando se compara a Figura 10 e 12, é que a erva-mate envasada na embalagem de PETmet/PE apresentou a cor verde mais intensa, enquanto que esta mesma embalagem manteve o atributo sabor amargo com menor intensidade durante o período de experimento. Portanto, pode-se sugerir que a degradação de pigmentos responsáveis pela cor da erva-mate estão envolvidos na modificação do sabor característico do produto.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a composição centesimal da erva-mate chimarrão foram de 27,36% de carboidratos, 8,98% de proteínas, 4,16% de lipídios, 50,36% de fibra alimentar, 5,26% de cinzas e 3,88% de umidade.

Para a composição granulométrica da erva-mate foram de 66,80% de pó moderadamente fino, 27,14% de pó grosso e 6,06% de pó moderadamente grosso, segundo classificação de pós vegetais estabelecidos pela Farmacopéia Brasileira.

As determinações de umidade, atividade de água e pH apresentaram valores médios 3,63%, 0,306 e 5,90, respectivamente. A análise desses resultados revelou que não houve diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre as embalagens e tempos do experimento.

Os resultados mais relevantes para qualidade do produto foram: a degradação da clorofila total, clorofila "a" e clorofila "b" da erva-mate em função do tempo e independentemente do tipo de embalagem plástica. Os valores percentuais para a redução do teor de clorofila total foram de 42,45%, 42,35% e 49,67%; para a clorofila "a" foram de 43,81%, 40,06% e 47,63%; e para a clorofila "b" foram de 43,75%, 40,06% e 47,63% para as embalagens de PET, BOPP e PEAD, respectivamente.

A coordenada "-a" do CIELab que determina a intensidade da cor verde reduziu significativamente ($p < 0,05$) em função da embalagem em 26,91% para PETmet/PE, 67,82% para BOPPmet/PE e 75,97% para PEAD, durante os 180 dias.

As contagens microbiológicas para erva-mate permaneceram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira e OMS. Para coliformes a 45° C as contagens foram negativas (< 3) e para *Salmonella* foi ausência em 25 g para as três embalagens em todos os tempos de experimentação. As contagens máximas obtidas para erva-mate independente da embalagem e tempo de estudo foram $7,8 \times 10^3$ UFC/g para bactérias mesófilas, $6,0 \times 10^2$ UFC/g para bolores e leveduras e 23 NMP/g para coliformes a 35° C.

Para o atributo sensorial cor, a embalagem PETmet/PE foi a que manteve esse atributo com maior intensidade, durante um período de 5 meses, estando esse resultado em concordância com o resultado físico-químico para medida de cor pelo CIELab. Para essa mesma embalagem, a intensidade do sabor amargo foi menor ao longo do tempo em comparação com as demais embalagens testadas.

Para as embalagens de BOPPmet/PE e PEAD, os resultados da análise sensorial para os atributos cor e sabor amargo foram similares entre si. O período de vida-de-prateleira dessas embalagens, para o atributo cor verde, de acordo com o teste de ordenação, foi de 2 meses.

Deve ser evidenciado que a embalagem PETmet/PE apresentou fatores, TPVA e TPO₂, que contribuíram para manutenção dos atributos sensoriais da erva-mate. O desenvolvimento de uma embalagem, utilizando características estruturais do PETmet/PE, adequada as características da erva-mate é uma alternativa eficiente para prolongar a vida útil da erva-mate, apresentando também como vantagem a manutenção da qualidade microbiológica e físico-química deste produto.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, D.S.P. **Estresse oxidativo e alimentação**. In: Tirapegui J. (editor) *Nutrição: Fundamentos e aspectos atuais*. São Paulo: Atheneu; 2000. p.179-200.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Embalagens plásticas: terminologia**. São Paulo: ABNT, 1987. 5 p.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas – Terminologia – NBR 12806**. São Paulo: ABNT, 1993.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Teste de ordenação em análise sensorial – NBR 13170**. São Paulo: ABNT, 1994.
- ALONSO, J.R. **Tratado de fitomedicina**. Buenos Aires: ISIS, 1998. 1039 p.
- ALVES, R.M.V. Opções de barreira transparentes. **Boletim CETEA**, v. 8, n. 4, p. 9-11, 1996.
- ANJOS, V.D.A.; STROPPA, C.T.; MENEZES, H.C. Estabilidade de café torrado e moído. **Boletim SBCTA**, v. 33, n. 2, p. 139-145, 1999.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th. ed. Gaithersburg. 2000. v. 2.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological of foods**. 3. ed., Washington: APHA, 1992. 914 p.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for computing the colors of objects by using the CIE system**. E 308-01. Pennsylvania: ASTM International, 2001.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for thickness of solid electrical insulation**. D 374-94. Philadelphia: ASTM, 1995. 11 p.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard definitions of terms relating to plastics**. D 883-88. Philadelphia: ASTM, p. 333-334, 1989.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA ERVA-MATE. **Erva-mate**. Santa Cruz do Sul (RS): Gazeta Grupo de Comunicações, 1999. 63p.

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PEREZ, J.R.O.; SANTOS, V.B.; CARDOSO, R.M. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1325-1331, 2001.

BARNES, J.D.; BALAGER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A.W. A reappraisal of use of DMSO for extration and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and experimental botany**, v. 32, p. 85-100, 1992.

BARONE, J.J.; ROBERTS, H. Caffeine consumption. **Food and Chemical Toxicology**, v.34, n.1, p. 119-129, 1996.

BATLOUNI, M. Hipótese oxidativa da aterosclerose e emprego dos antioxidantes na doença arterial coronária. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 68, n. 1, p. 55-63, 1997.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BLAUCH, J.L.; TARKA, S.M. HPLC determination of caffeine and theobromine in coffee, tea, and hot cocoa mixes. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 3, p. 745-750, 1983.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed.; São Paulo: Livraria Varela, 1995. 231 p.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 151 p.

BORCHGREVINK, C.P.; SUSSKIND, A.M.; TARRAS, J.M. Consumer preferred hot beverage temperatures. **Food Quality and Preference**, v. 10, p. 117-121, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Farmacopéia Brasileira**. 4. ed. Parte I. São Paulo: Atheneu, 1988. p. v.2.11-v.2.11.2.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução n.º 519 de 26 de junho de 1998. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Chás plantas destinadas à preparação de infusões ou decocções. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 29 de junho de 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 91 de 11 de maio de 2001. Aprovar o regulamento técnico - critérios gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de junho de 2001a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 12 de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2 de janeiro de 2001b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 302 de 07 de novembro de 2002. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de erva-mate. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 08 de novembro de 2002a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 234 de 19 de agosto de 2002. Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 21 de agosto de 2002b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BROWN, W.E. **Plastics in food packaging: properties, design and fabrication**. New York: Marcel Dekker Inc., 1992. 539 p.

CABRAL, A.C.D., SOLER, R.M. , MADI, L.F.C. Vida-de-prateleira, "shelf-life" de produtos alimentícios acondicionados em embalagens flexíveis. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM**, 1, São Paulo: Anais ABRE, 1977.

CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C. Aspectos gerais sobre a vida-de-prateleira de produtos alimentícios. **Boletim do ITAL**, v. 18, n. 4, P. 371-439, 1980.

CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C. Embalagem para café torrado e café torrado e moído. **Boletim ITAL**, v. 19, n. 1, p. 1-19, 1982.

CABRAL, A.C.D.; ALVIM, D.D. Alimentos desidratados: conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do ITAL**, v.18, n.1, p. 1-25, 1981.

CAMOUGRAND, N.; RIGOULET, M. Aging and oxidative stress: studies of some genes involved both in aging and in response to oxidative stress. **Respiration Physiology**, v. 128, p. 393-401, 2001.

CANJURA, F.L.; SCHWARTZ, S.J.; NUNES, R.V. Degradation kinetics of chlorophylls and chlorophyllides. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 6, p. 1639-1643, 1991.

CARRER, H. Transformação de cloroplastos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília: KL3 Comunicações, Encarte especial, p. 52-54, nov./dez. 2000.

CHAVES, J.B.P. **Controle de qualidade para indústrias de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 256 p.

CHIRIFE, J.; FAVETTO, G.J. Some physico-chemical basis of food preservation by combined methods. **Food Research International**, v. 25, n. 5, p. 389-396, 1992.

CHENG, T.Y.; ZHU, Z.; MASUDA, S.; MORCOS, N.C. Effects of multivitamin supplementation on antioxidant defense systems in healthy human beings. **Journal of Nutrition Biochemistry**, v. 12, p. 388-395, 2001.

CINTRA, R.M.G.C.; MANCINI FILHO, J. Antioxidantes naturais presentes nos alimentos e a prevenção das doenças cardiovasculares. **Boletim SBCTA**, v. 32, n. 1, p. 72-79, 1998.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase the importance for food technology. **Boletim SBCTA**, v. 32, n. 2, p. 167-171, 1998.

COSTA, S.G. **A erva-mate**. Curitiba: UFPR, 1989. 86 p.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 4. ed., v. 2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994. 1117 p.

COSTA, S.M.; MONTENEGRO, M.A.; ARREGUI, T.; PINTO, M.I.S.; NAZARENO, M.A.; MISHIMA, B.L. Caracterización de acelga fresca de Santiago del estero (Argentina). Comparación del contenido de nutrientes em hoja y tallo. Evaluación de los carotenoides presentes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 33-37, 2003.

DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H. Diagnóstico do estado nutricional de N em porta-enxerto de citros, utilizando-se de teores foliares de clorofila. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 204-207, 2002.

DECAGON DEVICES INC. **Water activity meter: operator's manual**. 3. ed. Pullman, WA: Decagon, 2001. 185 p.

DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. São Paulo, 2000. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade de São Paulo.

DONADUZZI, C.M.; COELHO, S.R.M.; CARDOZO JUNIOR, E.L.; GALLO, A.G.; HUPPES, G.K.; KUHN, I.M.V.; SCHICHEL, C. Teores de cafeína, polifenóis totais e taninos em amostras de erva-mate comercializadas na região de Toledo, Paraná. In: 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2000, Encantado. **Anais...** Encantado-RS: Organizadores, 2000, p. 158-161.

DUARTE, F. **Seleção, treinamento de julgadores e metodologia para análise sensorial de extrato de erva-mate**. Curitiba, 2000. 71 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123 p.

EIROA, M.N.U. **Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas**. In: ITAL. Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1999. p. 6/1-6/26. (Manual técnico).

ELBE, J.H.; SCHWARTZ, S.J. **Colorantes**. In: FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. 2. ed., Zaragoza: Editorial Acribia, 2000. p. 773-851.

ESMELINDRO, M.C.; TONIAZZO, G.; WACZUK, A.; DARIVA, C.; OLIVEIRA, D. Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 193-204, 2002.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Tea processing**. Agricultural Services Bulletin n. 26. Roma: FAO, 1974. 11 p.

FARRO, P.C.A.; CASTILLO, M.C.; SAKANAKA, L.S.; VIOTTO, L.A. Influência da temperatura e da umidade relativa sobre a taxa de permeabilidade ao vapor de água de filmes sintéticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002, p. 3224-3227.

FELÍCIO, J.D.; YOUNG, M.C.M. Dosagens de taninos e fenóis totais nos extratos etanólicos das folhas e galhos de *Vitis vinifera*. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 65, n. 1, p. 63-67, 1998.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2. ed., Zaragoza: Editorial Acribia, 2000. 1258 p.

FERREIRA, V.L.P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M.L.C.V.; SILVA, M.A.A.P.; CHAVES, J.B.P.; BARBOSA, E.M.M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, 2000. 127 p. (Manual Série Qualidade).

FILIP, R.; LOLITO, S.B.; FERRARO, G.; FRAGA, C.G. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. **Nutrition Research**, v. 20, n. 1, p. 1437-1446, 2000.

FILIP, R.; LOPEZ, P.; GIBERTI, G.; COUSSIO, J.; FERRARO, G. Phenolic compounds in seven South American *Ilex* species. **Fitoterapia**, v. 72, p. 774-778, 2001.

FREUND, P.R.; WASHAN, C.J.; MAGGION, M. Natural color for use in foods. **Cereal Foods World**, v. 33, n. 7, p. 553-559, 1988.

FU, B.; LABUZA, T.P. Shelf-life prediction: theory and application. **Food Control**, v. 4, n. 3, p. 125-133, 1993.

FUCHS, F.D.; WANNMACHER, L. **Farmacologia clínica: fundamentos da terapêutica racional**. 2. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 678 p.

GARCIA, E.E.C. A evolução da família dos polietilenos. **Informativo CETEA**, v.14, n. 1, p. 5-7, 2002.

GARCIA, E.E.C. Você conhece o lado químico do PET?. **Informativo CETEA**, v. 9, n. 4, p.9-11, 1997.

GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; PADULA, M.; DANTAS, S.T. Materiais flexíveis metalizados para embalagem – I. metodologia para quantificação da camada de metalização. **Coletânea ITAL**, v. 16, p. 59-79, 1986a.

GARCIA, E.E.C.; PADULA, M.; DANTAS, S.T.; GARCIA, A.E. Materiais flexíveis metalizados para embalagem – II. Características de permeabilidade ao oxigênio, vapor d'água e transmissão de luz de filmes e laminados. **Coletânea ITAL**, v. 16, p. 151-182, 1986b.

GARCIA, E.E.C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. ITAL: Campinas, 1989. 44 p.

GILMAN, A.G. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 9. ed., Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1996. 1436 p.

GNANASEKHARAN, V.; SHEWFELT, R.L.; CHINNAN, M.S. Detection of color changes in green vegetables. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 149-154, 1992.

HAARD, N.F.; CHISM, G.W. **Características de los tejidos vegetales comestibles**. In: FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. 2. ed., Zaragoza: Editorial Acribia, 2000. p. 1117-1199.

HOLLINGSWORTH, P. Sensory testing rediscovered as key to new product success. **Food Technology**, v. 52, n. 4, p. 26-27, 1998.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 533 p.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Tea and instant tea in solid form: Determination of caffeine content – Method using high-performance liquid chromatography. ISO 10272.** Geneva: ISO, 2002.

KAWAKAMI, M.; KOBAYASHI, A. Volatile constituents of green mate and roasted mate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, p. 1275-1279, 1991.

KOEHLER, H.S. **Manual de uso do programa MSTATC.** Curitiba: UFPR, 1996. 38 p. (Apostila)

LABUZA, T.P. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. **Journal of Chemical Education**, v. 61, n. 4, p. 348-358, 1984.

LAJOLLO, F.L.; TANNENBAUM, S.R.; LABUZA, T.P. Reaction at limited water concentration 2. Chlorophyll degradation. **Journal of Food Science**, v. 36, p. 850-853, 1971.

LEITÃO, M.F.F. Atividade de água e transformações microbiológicas de deterioração. In: I SEMINÁRIO SOBRE ATIVIDADE DE ÁGUA EM ALIMENTOS. **Anais...** Campinas: ITAL, 1987, p. 1-12.

LEPREVOST, A. **Química e tecnologia da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).** Boletim técnico n. 53. Curitiba: TECPAR, 1987. 53 p.

LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIRIO, V.S.; DIAS, C.S.C.; ARAUJO, E.S.; BRAGA, A.M.S.; NEVES, D.V.D.A.; OLIVEIRA, V.M.R.; JONKE, L.A.C. Qualidade microscópica de chás: comparação com parâmetros legais. **Higiene alimentar**, v. 15, n. 82, p. 27-32, 2001.

MACCARI JUNIOR, A.; SANTOS, A.P.R. **Parâmetros tecnológicos para utilização industrial da erva-mate.** In: PARANÁ. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. Curitiba: Ed. do autor, 2000. Série PADCT III, n. 1. p. 43-68.

MACCARI JUNIOR, A.; REISSMANN, C.B.; SANTOS, K.A.; RONCATO-MACCARI, L.; QUEIROZ, M.R.; FERNANDES, J.S.C.; OLISZESKI, A.; NEIVERTH, D.D. Características da erva-mate para chimarrão elaborada com plantas de *Ilex paraguariensis* de três diferentes morfotipos. In: 3º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2003, Chapecó. **Anais...** Chapecó-SC: Organizadores, 2003, p. 1-9.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MATSUBARA, S. **Polifenóis em chás comercializados no Brasil**. Campinas, 2000. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MAZZAFERA, P. Caffeine, theobromine and theophylline distribution in *Ilex paraguariensis*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, n. 2, p. 149-151, 1994.

MAZZAFERA, P.; YAMAOKA-YANO, D.M.; VITORIA, A.P. Para que serve a cafeína em plantas?. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 1, p. 67-74, 1996.

MAZZAFERA, P. Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 387-391, 1999.

MONTEIRO, C.L.B. **Técnicas de avaliação sensorial**. 2. ed. Curitiba: CEPPA, 1984. 101 p.

MORAWICKI, R.O.; SCHMALKO, M.E.; KANZIG, R.G. Chlorophyll stability in yerba maté leaves in controlled atmospheres. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 42, n. 1, p. 85-90, 1999.

MOREIRA, R.F.A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.

MSTATC. Michigan States University. **MSTATC versão 2.10**. East Lansing, MI, 1989. 2 disquetes 3 ½ pol., MSDOS.

NEWALL, C.A.; ANDERSON, L.A.; PHILLIPSON, J.D. **Herbal medicines**. London: The Pharmaceutical Press, 1996. 296 p.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA JUNIOR, J.F. Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 491-495, 2001.

NOREÑA, C.Z.; HUBINGER, M.D.; MENEGALLI, F.C. Técnicas básicas de determinação de atividade de água: uma revisão. **Boletim SBCTA**, v. 30, n. 1, p. 91-96, 1996.

OGA, J. **Fundamentos de Toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 1996. 515 p.

OKADA, M.; VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D.C.P. **Fundamentos sobre a secagem de sólidos**. In: ITAL. Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1999. p. 1-28. (Manual técnico).

OLIVEIRA, L.M. Termossoldagem de embalagens flexíveis. **Coletânea do ITAL**, v. 26, n. 2, p. 111-117, 1996.

OLIVEIRA, L.M. Embalagens para produtos farmacêuticos. **Boletim CETEA**, v. 9, n. 3, p. 3-6, 1997.

OLIVEIRA, L.M.; ALVES, R.M.V. Influência do perfil da mandíbula de fechamento no desempenho da termossoldagem de embalagens flexíveis. **Coletânea do ITAL**, v. 22, n. 2, p. 194-208, 1992.

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G.; AKISUE, M.K. **Farmacognosia**. São Paulo: Atheneu, 1996. 412 p.

OLIVEIRA, L.M.; ALVES, R.M.V.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; PADULA, M.; GARCIA, E.E.C.; COLTRO, L. **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. CETEA: Campinas, 1996. 219 p.

ORTIZ, S.A. Aspectos legais da vida-de-prateleira de produtos alimentícios. **Boletim ITAL**, v. 19, n. 1, p. 33-87, 1982.

PADULA, M., OLIVEIRA, L.M. **Embalagem para alimentos desidratados**. In: ITAL. Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1987. p.284-338.

PADULA, M. **Influência da embalagem na vida-de-prateleira de alimentos**. 2. ed. n.º 06, Campinas: ITAL, 1996. (Manual técnico).

PARANÁ. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba: Ed. do autor, 2000. Série PADCT III, n. 1. 160 p.

PAREDES, A.M.; VALDEZ, E.C.; KANZIG, R. Variación de los hidratos de carbono durante el sapecado. In: 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2000, Encantado. **Anais...** Encantado-RS: Organizadores, 2000, p. 182-185.

PASCHOALINO, J.E. **Controle das reações catalisadas pelos enzimas**. In: Enzimos e a qualidade de vegetais processados. Campinas: ITAL, 1991. p. 53-58.

PASCHOALINO, J.E.; VITALI, A.A. Equipamento para estudos cinéticos de degradação térmica de componentes de qualidade em alimentos. **Coletânea ITAL**, v. 21, n. 2, p. 243-248, 1991.

PELCZAR JUNIOR, M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. v. 1, 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1996. 524 p.

POLIDORI, M.C.; STAHL, W.; EICHLER, O.; NIESTROJ, I.; SIES, H. Profiles of antioxidants in human plasma. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 30, p. 456-462, 2001.

PRIOR, R.L.; CAO, G. In vivo total antioxidants capacity: Comparasion of different analytical methods. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 27, p. 1173-1181. 1999.

REGINATTO, F.H.; ATHAYDE, M.I.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P. Methyxanthines accumulation in *Ilex* species – caffeine and theobromine in erva-mate (*Ilex paraguariensis*) and other *Ilex* species. **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 10, n. 6, p. 443-446, 1999.

ROBBERS, J.E.; SPEEDIE, M.K.; TYLER, V.E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editorial Premier, 1997. 372 p.

ROBERTSON, G.L. **Food packaging: principles and practice**. New York: Marcel Dekker, 1993. 676 p.

RUCKER, N.G.A. **Análise do agronegócio da erva-mate** Curitiba: SEAB/DERAL, 1996a. 38p.

RUCKER, N.G.A. **Mercomate: cooperação na competitividade**. Curitiba: SEAB, 1996b. 48 p.

RUCKER, N.G.A. A cor no controle de qualidade em erva-mate. In: 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2000, Encantado. **Anais...** Encantado-RS: Organizadores, 2000, p. 97-98.

RYAN-STONEHAM, T.; TONG, C.H. Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 68, n. 8, p. 1296-1302, 2000.

SANTOS, K.A.; KARAM, L.M.; FREITAS, R.J.S.; STERTZ, S.C. Composição química da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Boletim CEPPA**, v. 20, n. 2, p. 247-256, 2002.

SANTOS, K.A.; FREITAS, R.J.S. Cafeína e compostos fenólicos em erva-mate. In: VIII ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBCTA, 2003, p. 450-454.

SANTOS, K.A.; FREITAS, R.J.S.; RUCKER, N.G.A.; SANTOS, M.A.; RAPACCI, M. Determinação de cafeína por CLAE em erva-mate para chimarrão. In: 3º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2003b, Chapecó. **Anais...** Chapecó-SC: Organizadores, 2003, p. 1-6.

SANTOS, K.A.; FREITAS, R.J.S.; RAPACCI, M.; WINTER, C.M.G. Polifenóis em chá de erva-mate. **Nutrição Brasil**, v. 3, n.1, p. 47-50, 2004.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; GARCIA, A.E. Integridade de embalagens flexíveis esterilizáveis: influência da contaminação por vapor d'água na área de fechamento. **Boletim ITAL**, v. 23, n. 4, p. 437-451, 1986.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA, 2001. 213 p.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V.; GARCIA, E.E.C. **Embalagens plásticas flexíveis**. Campinas: CETEA, 2002. 267 p.

SAWYNOK, J. Pharmacological rationale for the clinical use of caffeine. **Drugs**, v.49, n.1, p.37-50, 1995.

SCHINELLA, G.R.; TROIANI, G.; DÁVILA, V.; BUSCHIAZZO, P.M.; TOURNIER, H.A. Antioxidant effects of an aqueous extract of *Ilex paraguariensis*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 269, n. 2, p. 257-360, 2000.

SCHMALKO, M.E.; ALZAMORA, S.M. Color, chlorophyll, caffeine and water content variation during yerba maté processing. **Drying Technology**, v. 19, n. 3 e 4, p. 599-610, 2001.

SCHWARTZ, S.J.; LORENZO, T.V. Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 4, p. 1059-1062, 1991.

SCHWARTZ, M.M.; NUNEZ, K.H.; MUNOZ, A.A.M. Efecto de la temperatura de concentración de pulpa de kiwi sobre el color, clorofila y ácido ascórbico. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 49, n. 1, p. 44-48, 1999.

SCHWAB, U.S.; AUSMAN, L.M.; VOGEL, S.; LI, Z.; LAMMI-KEEFE, C.J.; GOLDIN, B.R.; ORDOVAS, J.M.; SCHAEFER, E.J.; LICHTENSTEIN, A.H. Dietary cholesterol increases the susceptibility of low density lipoprotein to oxidative modification. **Atherosclerosis**, v. 149, p. 83-90, 2000.

SEAB. SECRETÁRIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Erva-mate: prospecção tecnológica da cadeia produtiva**. Curitiba: SEAB, 1997. 125 p.

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, n. 1 e 2, p. 7-19, 1999.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. 224 p.

SIMÕES, C.A.M.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3. ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2001. 833 p.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p. 71-81, 2002.

SORDI, M.S.; JAVORNIK, G.; MOSSELE, S.; REZENDE, D.F.; VALDUGA, E. Efeitos da atmosfera modificada e do tempo de armazenamento nas características de cor e sabor da erva-mate (chimarrão). In: 3º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2003, Chapecó. **Anais...** Chapecó-SC: Organizadores, 2003, p. 1-8.

SOUTHON, S. Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potencial health benefits. **Food Research International**, v. 33, p. 211-217, 2000.

SOUZA, G.; VALLE, J.L.E.; MORENO, I. Efeitos dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. **Boletim SBCTA**, v. 34, n. 2, p.61-69, 2000.

STEET, J.A.; TONG, C.H. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 5, p. 924-927, 1996.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 1000 p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

TEXEIRA NETO, R.O. **Alterações na qualidade de frutas e hortaliças desidratadas durante a estocagem**. In: ITAL. Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1999. p. 8/1-8/9. (Manual técnico).

TEIXEIRA NETO, R.O.; JARDIM, D.C.P. **Reações de transformação em alimentos**. In: ITAL. Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. Campinas: ITAL, 1996. p. 1/1-1/18. (Manual técnico).

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 2. ed. n. 6, Campinas: ITAL, 1996. 74 p. (Manual técnico).

TORREZAN, R.; JARDINE, J.G.; VITALI, A.A. Preservação de alimentos com o uso dos métodos combinados: uma revisão. **Boletim SBCTA**, v. 31, n. 2, p. 214-228, 1997.

VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de *Ilex paraguariensis* St. Hil. e de algumas espécies utilizadas na adulteração do mate**. Curitiba, 1995. 97 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

VALDUGA, A.T.; FINZER, J.R.D.; MOSELE, S.H. **Processamento de erva-mate**. Erechim: Edifapes, 2003. 184 p.

VAN LOEY, A.; OOMS, V.; WEEMAES, C.; VAN DEN BROECK, I.; LUDIKHUYZE, L.; INDRAWATI, S.D.; HENDRICKX, M. Thermal and pressure – temperature degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*) juice: a kinetic study. **Journal of Agricultura and Food Chemistry**, v. 46, n. 12, p. 5289-5294, 1998.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Bebidas: tecnologia, química y microbiología**. Série 2, Zaragoza: Editorial Acribia, 1997. 487 p.

VINSON, J.A.; DABBAGH, Y.A. Tea phenols: antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. **Nutrition Research**, v. 18, n.6, p. 1067-1075, 1998.

VITALI, A.A.; QUAST, D.G. **Vida-de-prateleira de alimentos**. In: ITAL. Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. Campinas: ITAL, 1996. p. 3/1-3/10. (Manual técnico).

WEEMAES, C.A.; OOMS, V.; VAN LOEY, A.M.; HENDRICKX, M.E. Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. **Journal of Agricultura and Food Chemistry**, v. 47, p. 2404-2409, 1999.

WHITAKER, J.R. **Enzimas**. In: FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. 2. ed., Zaragoza: Editorial Acribia, 2000. p. 513-631.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATON. **Quality control methods for medicinal plant materials**. Geneva: WHO, 1998. 115 p.



Relatório de Ensaio

INTERESSADO: Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico – Programa de pós graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTA

Jardim das Américas – Usinas – Piloto, bloco A, sala PO-17 - Curitiba/PR - CEP 81531-990

MATERIAL ANALISADO: Embalagens Plásticas

ANALISTAS: Rosa M. Vercelino Alves; Claire I. G. L. Sarantopoulos; Danielle Ito; Christiane Q. Moreira

DATA DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: 24/11/03

Descrição da Amostra

Foram recebidas para determinação de permeabilidade ao vapor d'água e ao oxigênio duas amostras de embalagens flexíveis e um pote plástico, identificados pelo interessado como :

- Embalagem flexível impressa – BOPPmet/PE - Erva mate 87 – 500g;
- Embalagem flexível sem impressão – PETmet/PE;
- Pote plástico com selo de alumínio e tampa plástica rosqueada.

Método

As taxas de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) do material das embalagens flexíveis foram determinadas em um equipamento com sensor infravermelho PERMATRAN, Modelo W 3/31, da MOCON segundo procedimento descrito na norma ASTM F1249-01 - *Standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor*. Neste ensaio o vapor d'água que passa através do filme é carregado para o sensor infravermelho por um fluxo de nitrogênio ultra seco. O sensor mede a fração de energia absorvida pelo vapor d'água e emite um sinal elétrico de amplitude proporcional à concentração de vapor d'água. A amplitude do sinal emitido pelo vapor d'água que passa pelo filme em ensaio é comparada com o sinal produzido pelo vapor d'água que passa por um filme de calibração de taxa de permeabilidade ao vapor d'água conhecida. Os ensaios foram realizados a 38°C/100%UR e nessas condições o padrão de calibração apresentava uma TPVA de 5,14g água/(m².dia). As TPVA's das amostras foram corrigidas para a condição 38°C/90%UR multiplicando-se os resultados pelo fator 0,9.

Os potes plásticos selados foram caracterizados quanto à taxa de transmissão ao vapor d'água a 38°C / 90%UR, por meio do método gravimétrico segundo a metodologia ASTM D4279-95 (1995) - *Standard test method for water vapor transmission of shipping containers - constant and cycle*. Esse método se baseia no aumento de peso do cloreto de cálcio anidro (CaCl₂), colocado no interior das embalagens. O ganho de peso foi quantificado em balança analítica Mettler, modelo AT 400, com resolução de 10⁻⁴g. O condicionamento foi feito em câmara Vötsch VC0057, com controles de temperatura e de umidade relativa.

Para a determinação da taxa de transmissão ao vapor d'água dos potes plásticos, o CaCl₂ seco foi acondicionado nas embalagens manualmente momentos antes do seu fechamento que foi feito pela termoselagem do selo de alumínio com ferro elétrico doméstico e rosqueamento manual da tampa plástica, seguindo instruções do interessado.

As taxas de permeabilidade ao oxigênio do material das embalagens flexíveis foram determinadas por método coulométrico, segundo procedimento descrito na norma ASTM D 3985 - *Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor*, em equipamento OXTRAN 2/20, da MOCON, operando com oxigênio puro como gás permeante à temperatura de 23°C e a seco. A área efetiva de permeação de cada corpo-de-prova foi de 50cm². Os resultados obtidos foram corrigidos para 1atm de gradiente de pressão parcial de oxigênio.



A taxa de transmissão de oxigênio da embalagem foi determinada por método coulométrico, segundo procedimento descrito na norma ASTM F 1307 - *Standard test method for oxygen transmission rate through dry packages using a coulometric sensor*, em equipamento OXTRAN, modelo 2/20, da MOCON, operando com o ar ambiente como gás permeante, à temperatura de 23°C. Cada embalagem com selo e tampa (fechada da mesma forma como descrito no ensaio de TPVA) foi furada no fundo, onde os dois tubos de cobre de 1/8pol, por onde circula um gás de arraste, ligados ao equipamento OXTRAN, foram fixados e colados, com cola epoxi 5 minutos, marca Devcon e, após a secagem desta cola, também foi aplicado na região de fechamento um cimento de resina epóxi, marca Metalset A4, para garantir a hermeticidade do sistema. A área efetiva de permeação foi equivalente à área da embalagem. Os resultados obtidos foram corrigidos para 0,21atm de pressão parcial de oxigênio.

Resultado

Os resultados de permeabilidade ao vapor d'água estão apresentados nas Tabelas 1 e 2 e os resultados de permeabilidade ao oxigênio estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 1. Taxas de permeabilidade ao vapor d'água a 38°C/90%UR – método Permatran W 3/31.

Amostra	TPVA (g água/(m ² .dia))		
	M	IV	CV
BOPP met/PE	1,71	1,70 – 1,72	0,5%
PET met/PE	1,78	1,47 – 2,22	19,1%

Valores referentes a quatro determinações

M – média

IV - intervalo de variação

CV - coeficiente de variação

TABELA 2. Taxa de transmissão ao vapor d'água a 38°C/90%UR– método gravimétrico.

Amostra	TPVA (g água/(embalagem.dia))		
	M	IV	CV
Pote plástico selado com Al e tampa plástica rosqueada	0,007	0,006 – 0,007	4,8%

Valores referentes a sete determinações

M – média

IV - intervalo de variação

CV - coeficiente de variação

TABELA 3. Taxas de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) a 23°C, a seco e 1atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante.

Amostra	TPO ₂ mL(CNTP)/(m ² .dia)		
	M	IV	CV(%)
BOPP met/PE	118,50	102,95 – 134,58	13
PET met/PE	7,56	3,84 – 10,82	47

Valores referentes a três determinações

M – média

IV - intervalo de variação

CV - coeficiente de variação





TABELA 4. Taxas de transmissão ao oxigênio (TPO₂), a 23°C e 0,21atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante.

Amostra	TPO ₂ mL(CNTP)/(emb.dia)		
	Média	IV	CV(%)
Pote plástico selado com Al e tampa plástica rosqueada	1,1	0,6 – 1,5	34

Valores referentes a quatro determinações

M – média

IV - intervalo de variação

CV - coeficiente de variação

Observações

Este trabalho foi realizado com equipamentos e instrumentos de inspeção, medição e ensaio calibrados. Suas incertezas totais estão de acordo com os critérios de aceite estabelecidos pelo Sistema de Qualidade do ITAL e não foram consideradas no cálculo dos resultados apresentados, mas encontram-se à disposição do contratante, mediante consulta formal.

Este relatório foi elaborado de acordo com a Norma Interna CE-017 - Elaboração e Envio de Relatórios, os resultados apresentados aplicam-se apenas às amostras enviadas ao CETEA para ensaio e só pode ser reproduzido na íntegra, a reprodução parcial requer aprovação formal deste Centro.

Campinas, 28 de janeiro de 2004.

Rosa M. Vercelino Alves
Pesquisadora

Eloísa Elena C. Garcia
Gerente – Embalagens Plásticas
e Meio Ambiente

RAm 1132-1 a 3/03
GSN



Relatório de Ensaio

INTERESSADO: Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico – Programa de pós graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTA
Jardim das Américas – Usinas – Piloto, bloco A, sala PO-17 - Curitiba/PR - CEP 81531-990

MATERIAL ANALISADO: Embalagens Plásticas

ANALISTAS: Leda Coltro e Fábio Gomes Teixeira

DATA DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: 17/10/03

Descrição da Amostra

Foram recebidas para determinação de transmissão de luz especular duas amostras de embalagens flexíveis e um pote plástico, identificados pelo interessado como :

- Embalagem flexível impressa – BOPPmet/PE - Erva mate 87 – 500g;
- Embalagem flexível sem impressão – PETmet/PE;
- Pote plástico branco com selo de alumínio e tampa plástica rosqueada.

Método

A porcentagem da transmissão de luz especular (valor de transmitância obtido quando se mede apenas o fluxo de luz transmitido na mesma direção do feixe incidente, ou seja, com dispersão menor do que 1°) das amostras foi efetuada empregando-se um espectrofotômetro UV-Visível da marca Varian, modelo Cary 50 conc., na região do ultravioleta (comprimento de onda abaixo de 400nm) e do visível (comprimento de onda maior do que 400nm). Os espectros foram obtidos a uma velocidade de varredura de 120nm/min, de 200 a 800nm.

A metodologia adotada está detalhadamente descrita na publicação de SARANTÓPOULOS *et al.* "Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades", 2002.

Resultado

A Figura 1 apresenta exemplos dos espectros obtidos para as amostras ensaiadas. A Figura 2 apresenta espectros obtidos a partir de regiões distintas da amostra BOPP met/PE impressa, mostrando a influência da cor de impressão na barreira à luz.

Os valores médios de transmissão de luz especular para alguns comprimentos de onda são apresentados na Tabela 1.

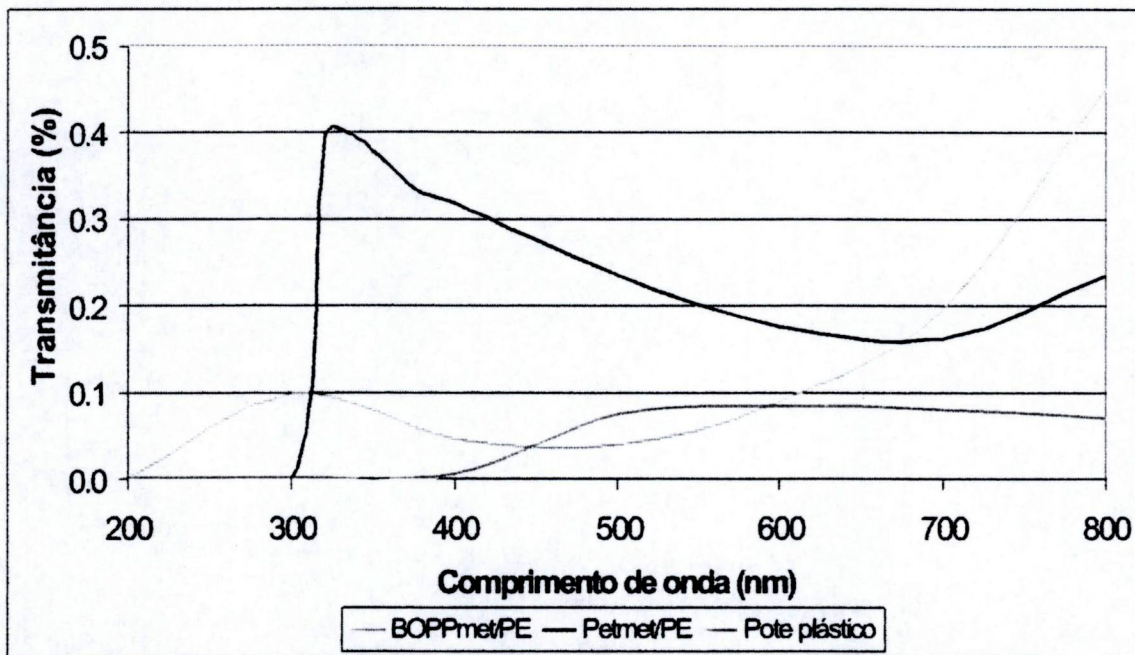


FIGURA 1. Exemplos de espectros obtidos para as amostras avaliadas.

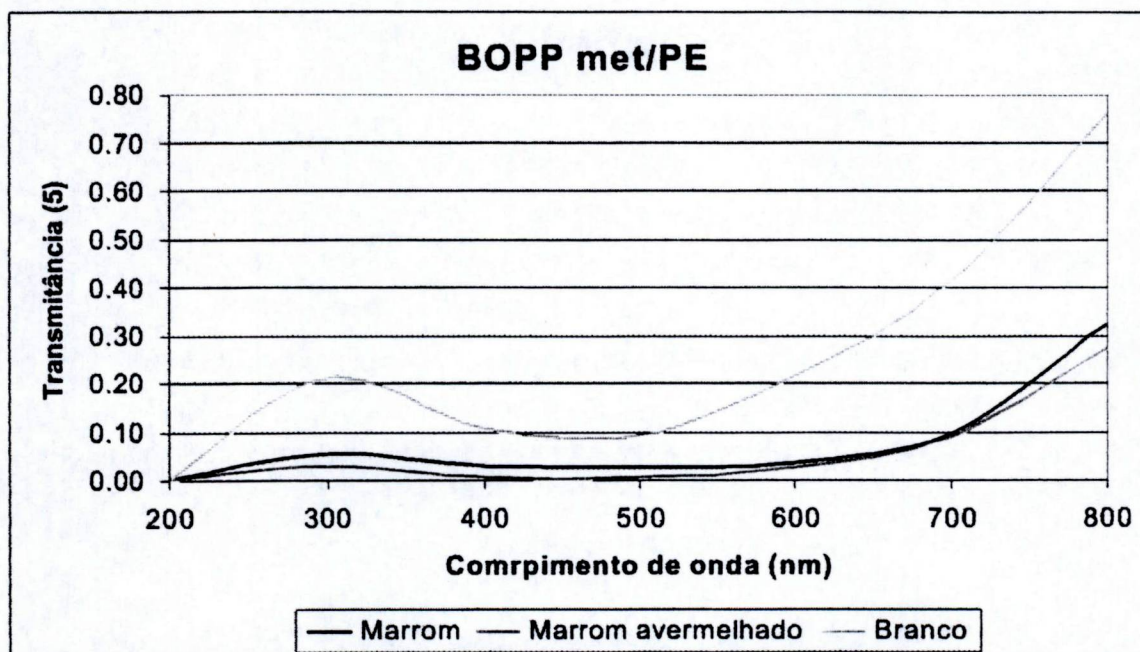


FIGURA 2. Espectros obtidos para a amostra BOPP met/PE, com diferentes cores de impressão: marrom, marrom avermelhado e branca.



TABELA 1. Transmissão de luz especular (%) para as amostras ensaiadas.*

λ (nm)	% T		
	BOPPmet/PE	PETmet/PE	Pote plástico
200	0,00	0,00	0,00
300	0,10	0,00	0,00
400	0,05	0,32	0,01
500	0,04	0,24	0,08
600	0,09	0,18	0,09
700	0,20	0,16	0,08
800	0,45	0,24	0,07

* valores médios referentes a 3 determinações

Observações

Este trabalho foi realizado com equipamentos e instrumentos de inspeção, medição e ensaio calibrados. Suas incertezas totais estão de acordo com os critérios de aceite estabelecidos pelo Sistema de Qualidade do ITAL e não foram consideradas no cálculo dos resultados apresentados, mas encontram-se à disposição do contratante, mediante consulta formal.

Este relatório foi elaborado de acordo com a Norma Interna CE-017 - Elaboração e Envio de Relatórios, os resultados apresentados aplicam-se apenas às amostras enviadas ao CETEA para ensaio e só pode ser reproduzido na íntegra, a reprodução parcial requer aprovação formal deste Centro.

Campinas, 9 de fevereiro de 2004.

Leda Coltro
Pesquisadora

Eloísa E.C. Garcia
Gerente – Embalagens Plásticas e Meio Ambiente

RAM 1132-1 a 3/03
GSN



ANEXO 3

01. Ficha para avaliação sensorial da erva-mate.

NOME: _____ DATA: _____ HORA: _____

AVALIAÇÃO DA COR DE ERVA-MATE

Você está recebendo placas com três amostras codificadas de erva-mate. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita. Ordene as amostras com relação à **intensidade da cor verde**.

Verde menos intenso

Verde mais intenso

COMENTÁRIOS:

AVALIAÇÃO DO SABOR AMARGO DA ERVA-MATE

Você está recebendo três amostras codificadas de extratos de erva-mate. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita. Ordene as amostras em ordem crescente em relação à intensidade do **sabor amargo**.

Menos amarga

Mais amarga

COMENTÁRIOS:
