

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ATMOSFERA CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO
DE ERVA-MATE**

TESE DE DOUTORADO

Sarah Lemos Cogo Prestes

Santa Maria, RS, Brasil

2014

ATMOSFERA CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DE ERVA-MATE

Sarah Lemos Cogo Prestes

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Prestes, Sarah Lemos Cogo
Atmosfera controlada na conservação de erva-mate /
Sarah Lemos Cogo Prestes.-2014.
122 p.; 30cm

Orientador: Auri Brackmann
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2014

1. Armazenamento 2. Coloração 3. Compostos fenólicos 4.
Espuma 5. Bolores e leveduras. Sabor amargo I.
Brackmann, Auri II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Sarah Lemos Cogo Prestes. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: sarahlc@terra.com.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de
Doutorado

ATMOSFERA CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DE ERVA-MATE

elaborada por
Sarah Lemos Cogo Prestes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Auri Brackmann (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof^a Dr^a Cláudia Kaehler Sautter (UFSM)

Prof^a Dr^a Leandra Jaekel Zafalon (IFSul Rio-Grandense)

Prof^a Dr^a Luisa Helena Hecktheuer (UFSM)

Prof^a Dr^a Miriane Lucas Azevedo (UNIPAMPA)

Santa Maria, 26 de agosto de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todos, que de uma forma ou de outra estiveram envolvidos nessa tarefa difícil de execução da tese de doutorado.

Inicialmente agradeço a Deus, pela proteção, coragem e persistência.

Aos meus pais amados, Mauri e Nina, pelo apoio, incentivo, confiança dedicada a mim nesse momento e em tantos outros de minha vida. Graças a vocês, venço mais uma etapa.

Ao meu esposo, Rodrigo, pelo amor, ausência e paciência.

Ao meu orientador Prof. Dr, Auri Brackmann pela orientação e conhecimentos adquiridos.

As professoras Dr^a Cláudia Sautter e Dr^a Luisa Hecktheuer pela constante ajuda, atenção, acessibilidade e ensinamentos.

A Vier Indústria Ervateira pelo fornecimento da matéria-prima utilizada neste trabalho.

Aos colegas e amigos do NPP e PPGCTA. Em especial, Fabio Thewes pela valiosa e constante ajuda, a qualquer momento, na execução deste trabalho. Meu eterno muito obrigada.

A grande amiga Vanessa Viera pela atenção e ajuda em todos os momentos que precisei de um ombro amigo. Obrigada de coração.

Aos meus colegas e alunos do Curso Técnico em Agroindústria do Instituto Federal Sul Rio-Grandense/Campus Bagé pela colaboração na realização da análise sensorial.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSM.

MUITO OBRIGADA!!!

"Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas. O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles."

(Augusto Cury)

RESUMO

Tese de doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

ATMOSFERA CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DE ERVA-MATE

Autora: Sarah Lemos Cogo Prestes

Orientador: Auri Brackmann

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de agosto de 2014.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera controlada na conservação pós-colheita de erva-mate. Para tanto os seguintes aspectos foram avaliados: coloração, concentração de clorofilas, carotenóides e compostos fenólicos totais, formação de espuma, contagem de bolores e leveduras e o sabor amargo do chimarrão. Para tal, foram efetuados três experimentos a partir de amostras de erva-mate provenientes de Arvorezinha (RS) e São Mateus do Sul (PR), na forma [1] cancheada e socada, foram armazenadas em quatro níveis distintos de oxigênio (1, 3, 6 e 20,9 kPa de O₂) e quatro níveis distintos de gás carbônico (0, 3, 6 e 18 kPa de CO₂), as quais foram analisadas ao final de nove meses de armazenamento. [2] Erva-mate nativa e cultivada armazenadas a temperatura ambiente, 1,0 KPa de O₂ e 3,0 KPa de CO₂, analisadas após 0, 3, 6 e 12 meses de armazenamento. [3] Erva-mate nativa e cultivada provenientes de São Mateus do Sul (PR) armazenadas em atmosfera, contendo: 20,9 O₂+0,03 CO₂; 0,5 O₂+0,03 CO₂; 1,0 O₂+0,03 CO₂; 1,0 O₂+3,0 CO₂; 1,0 O₂+18 CO₂ as quais foram analisadas ao final de seis meses de armazenamento. Os resultados demonstram que a condição 1,0 kPa de O₂ mantém a erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais. A pressão parcial de CO₂, independente do nível, mantém a coloração da erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais, nos dois locais de cultivo. A erva-mate cancheada apresentou um melhor potencial de armazenamento do que a erva-mate socada. Concentração de clorofila total reduziu exponencialmente durante o tempo de armazenamento, independentemente da condição de armazenamento, forma de cultivo e local que a erva-mate foi cultivada, já os teores de carotenóides totais independente da forma e local de cultivo, apresentaram redução até os 3 meses de armazenamento sob atmosfera de 1,0 KPa de O₂, já quando armazenadas em 3,0 KPa de CO₂, a redução dos carotenóides foi ao longo dos 12 meses de armazenamento. A presença de CO₂ na atmosfera de armazenamento eleva a concentração de compostos fenólicos totais até seis meses. A matéria-prima proveniente de São Mateus do Sul-PR tem maior preservação da cor verde o que resulta em maior potencial de armazenamento. Ao avaliar a combinação dos gases, foi possível verificar que a condição 0,5 O₂ + 0,03 CO₂ manteve a erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais após seis meses de armazenamento. Quanto à espuma, a atmosfera controlada apresentou efeito positivo na sua manutenção. A erva-mate nativa apresentou uma maior preservação da cor verde do que a erva-mate cultivada. Não houve aumento das contagens de bolores e leveduras na erva-mate nas condições de armazenamento em AC. A erva-mate, indiferente do tipo, armazenada a 1,0 O₂+0,03 CO₂ foi a selecionada sensorialmente como a mais amarga e erva-mate armazenada a 20,9 O₂+0,03 CO₂ como a menos amarga, no entanto a preferida foi a erva-mate armazenada a 0,5 O₂+0,03 CO₂.

Palavras-chave: Armazenamento. Coloração. Compostos fenólicos. Espuma. Bolores e leveduras. Sabor amargo.

ABSTRACT

Thesys of Doctorate
Post-Graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

CONTROLLED ATMOSPHERE IN STORAGE OF YERBA MATÉ

Author: Sarah Lemos Cogo Prestes

Adviser: Dr. Auri Brackmann

Place and date of defese: Santa Maria, August 26Th, 2014.

The main aim of this work was to evaluate the effect of controlled atmosphere on postharvest conservation of yerba mate. The following aspects were evaluated: color, chlorophylls concentration, carotenoids and phenolic compounds, foaming, mold and yeast count and the bitter taste of yerba mate. Thus, three experiments were performed from samples of yerba mate from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) in the form [1] thickly ground (“*cancheada*”) and thinly milled (“*socada*”) were stored in four oxygen levels (1, 3, 6 and 20.9 kPa O₂) and four dioxide carbon levels (0, 3, 6 and 18 kPa CO₂), and analyzed, after nine months of storage [2] native and cultivated yerba mate stored at room temperature, 1.0 kPa O₂ and 3.0 kPa CO₂ analyzed after 0, 3, 6 and 12 months of storage. [3] native and cultivated yerba mate from São Mateus do Sul (PR) stored in an atmosphere containing: 20.9 O₂ + 0.03 CO₂; 0.5 O₂ + 0.03 CO₂; 1.0 O₂ + 0.03 CO₂; 1.0 O₂ + 3.0 CO₂; 1.0 O₂ + 18 CO₂ which were analyzed after six months of storage. The results demonstrate that the condition 1.0 kPa O₂ maintain the yerba mate greener and with a higher chlorophylls concentration and total phenolic compounds. The CO₂ partial pressure maintain yerba mate coloration greener and with a higher chlorophylls concentration and total phenolic compounds, regardless of the level used, in the yerba mate from both cultivation areas. The yerba mate thickly ground (“*cancheada*”) presented a better storage potential than the thinly milled (“*socada*”). Total chlorophyll concentration reduced exponentially during the storage time independently of the storage condition, form of cultivation and place that the yerba mate was cultivated, since the total carotenoid independently of the form and place of cultivation decreased to 3 months storage under atmosphere of 1.0 kPa O₂. When stored in 3.0 kPa CO₂, the reduction was over 12 months of storage. Dioxide carbon increasing in the storage chamber increases the phenolic compounds concentration until six month of storage. Raw material originated from São Mateus do Sul-PR has higher chlorophyll concentration, greener color resulting in greater storage potential of this yerba mate. When evaluating the combination of gases, we observed that CA condition with 0.5 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂ maintained yerba mate greener, with higher chlorophyll concentration and phenolic compounds concentrations after 6 months of storage. As for the foam, controlled atmosphere had a positive effect on its maintenance. The native yerba mate showed higher green color preservation in relation to the cultivated. There was no increase in yeast and molds in yerba mate of CA storage. Yerba mate, independently of type, stored in 1.0 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂ was selected in a sensorial panel as the most bitter and under air conditions (20.9 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂) as the lesser bitter, however, the most preferred yerba mate stored under 0.5 O₂ kPa + 0.03 kPa CO₂.

Key words: Storage. Coloration. Phenolic compounds. Foam. Molds and yeasts. Bitter taste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das áreas de ocorrência da erva-mate no Brasil	23
Figura 2 – Fluxograma das principais etapas envolvidas no processamento da erva-mate	27
Figura 3 – Estrutura química das clorofilas <i>a</i> e <i>b</i>	34
Figura 4 – Degradação da clorofila	35
Figura 5 – Estruturas químicas dos carotenoides	37
Figura 6 – Estrutura química dos flavonoides	39
Figura 7 – Estrutura química da rutina	40
Figura 8 – Estrutura química de ácido hidroxicinâmico (A) e ácido hidroxibenzóico (B)	40
Figura 9 – Estrutura química do ácido 5-cafeoilquínico.....	41

ARTIGO 2

Figure 1 – Total chlorophylls concentration in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage.....	80
Figure 2 – Comparison of total chlorophyll concentration between native and cultivated Harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage	81
Figure 3 – Total carotens concentration in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage.....	82
Figure 4 – Comparison of total carotens concentration between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage	83
Figure 5 – Total phenolic compounds in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage.....	84
Figure 6 – Comparison of total phenolic compounds between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage	85
Figure 7 – Luminosity of color in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage.....	86

Figure 8 – Comparison of Luminosity of color between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage.....	87
Figure 9 – Hue angle of color in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage	88
Figure 10 –Comparison of hue angle of color between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage.....	89

ARTIGO 3

Figura 1 – Preferência dos provadores para erva-mate nativa armazenada em condições de AC.....	100
Figura 2 – Preferência dos provadores para a erva-mate cultivada armazenada em condições de AC.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações da erva-mate.....	26
---	----

ARTIGO 1

Table 1 – Hue angle, total chlorophylls concentration and total phenolic compounds in from yerba maté (“ <i>cancheada</i> ”) and (“ <i>socada</i> ”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored at 20°C in 0, 1, 3, 6 and 20.9kPa of O ₂ , during nine months	59
Table 2 – Hue angle, total chlorophylls concentration and total phenolic compounds in from to yerba maté (“ <i>cancheada</i> ”) and (“ <i>socada</i> ”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored at 20°C in 0, 3, 6 and 18 kPa of CO ₂ , during nine months	60
Table 3 – Pearson correlation coefficient (P < 0.05) between the hue angle (h°) and total chlorophylls, to yerba mate (“ <i>cancheada</i> ”) and (“ <i>socada</i> ”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored during nine months	61

ARTIGO 3

Tabela 1 – Ângulo de matiz (h°), concentração de clorofilas e compostos fenólicos totais, formação de espuma em erva-mate nativa e cultivada armazenadas a 20°C em diferentes combinações de níveis de O ₂ e CO ₂ durante seis meses	96
Tabela 2 – Ocorrência de bolores e leveduras para erva-mate nativa e cultivada armazenadas a 20°C em diferentes combinações de níveis de O ₂ e CO ₂ durante seis meses	98
Tabela 3 – Teste de ordenação de diferença para o sabor amargo do chimarrão com erva-mate nativa e cutltivada armazenadas em atmosfera controlada a 20°C em diferentes combinações de níveis de O ₂ e CO ₂ por seis meses	99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos	20
1.1.1 Objetivos específicos.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Aspectos históricos da erva-mate	21
2.2 Erva-mate	23
2.2.1 Processamento da erva-mate	27
2.2.1.1 Ciclo do cancheamento	27
2.2.1.2 Ciclo do beneficiamento	30
2.3 Armazenamento	31
2.3.1 Armazenamento tradicional.....	31
2.3.2 Atmosfera controlada	32
2.4 Componentes químicos da erva-mate	33
2.4.1 Clorofilas	33
2.4.2 Carotenóides	36
2.4.3 Compostos Fenólicos	38
2.5 Microbiologia da erva-mate	42
2.6 Qualidade sensorial da erva-mate	45
3 ARTIGOS	47
3.1 Artigo 1: Storage of yerba maté in controlled atmosphere	49
Abstract.....	49
Resumo	50
Introduction	50
Material and methods	52
Results and discussion	53
Conclusion.....	56
References	57
3.2 Artigo 2: Effects of controlled atmosphere, form and place of cultivation on postharvest quality of Yerba mate raw material	63
Abstract.....	63
1 Introduction	64
2 Material and Methods.....	66
2.1 Experimental material	66
2.2 Storage conditions.....	66
2.3 Controlled atmosphere achievement and control	67
2.4 Physical and chemical quality analysis.....	67
2.5 Statistical analysis	67
3 Results	68
4 Discussion	72
5 Conclusions.....	74
6 References	75
3.3 Artigo 3: Condições de armazenamento nas características de qualidade de erva-mate	91
Resumo	91
Abstract.....	91

Introdução	92
Material e Métodos	93
Material	93
Armazenamento	94
Avaliações físico-químicas	94
Análise da formação de espuma	94
Análise microbiológica	95
Análise sensorial	95
Análise estatística	96
Resultados e discussão	96
Conclusão	101
Referências Bibliográficas	101
4 DISCUSSÃO	105
5 CONCLUSÕES GERAIS	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma planta nativa da América do Sul. A área de ocorrência natural compreende o Noroeste Argentino, Leste do Paraguai e Sul do Brasil. A zona ervateira brasileira com produção agroindustrial está localizada nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (PARANÁ, 2000; SANTOS, 2004).

O nome erva-mate pode ser atribuído tanto à planta, que fornece as folhas e ramos como matéria-prima, quanto ao produto, utilizado para o preparo de bebidas. O produto erva-mate é constituído exclusivamente pelas folhas e ramos de *Ilex paraguariensis*, obtido por processo de secagem e fragmentação destinado ao preparo de "chimarrão" ou "tererê", podendo ser adicionado de açúcar. O produto deve ser designado de "erva-mate" ou "mate", podendo ser seguido das expressões "chimarrão" e ou "tererê", conforme a finalidade de uso (BRASIL, 2005).

Alguns trabalhos mostram que a erva-mate apresenta em sua composição alcalóides metilxantínicos, substâncias glicosídicas como as saponinas, clorofila, compostos fenólicos (CARDOSO et al., 2007) além de vitaminas, componentes minerais, substâncias graxas, terpenos, substâncias aromáticas, alcoóis, aldeídos (VALDUGA, 1995).

Fatores naturais interferem diretamente na composição química, assim como os sistemas de processamento e armazenamento determinam a qualidade dos efeitos biológicos e as características sensoriais (MACCARI JÚNIOR; SANTOS, 2000).

A instabilidade da cor verde (SANTOS, 2004), o sabor estranho e a presença de fungos (ROBERTSON, 1993) no armazenamento da erva-mate são fatores que comprometem a qualidade do produto. Por isso, a erva-mate é colhida ao longo de todo ano para obter-se sempre um produto verde e sem sabor estranho, pois dependendo da época do ano da colheita, ela pode ficar amarga em função da queima das folhas novas ou presença de sementes, proporcionando um sabor estranho (ROBERTSON, 1993).

O melhor período para a colheita da erva-mate ocorre entre os meses de maio e agosto, quando a erva está em processo de dormência e as seivas concentram-se nas folhas, com maior rendimento industrial (MACCARI JÚNIOR; SANTOS, 2000). O ideal para o setor produtivo seria realizar a colheita e o

beneficiamento da matéria-prima no período adequado, porém em condições ambientais de armazenamento a erva-mate não pode ser conservada por mais de trinta dias sem grandes perdas de qualidade, em função da umidade e da presença de oxigênio, o qual causa uma oxidação rápida da clorofila conferindo a erva uma coloração amarela ou marrom-escuro e alterando o sabor do chimarrão (TEXEIRA NETO, 1999).

Por esta razão, é necessário o desenvolvimento de tecnologias para manutenção da qualidade pós-colheita da erva-mate colhida no período correto. Uma técnica que talvez poderia ser usada para prolongar a qualidade pós-colheita de erva-mate é a atmosfera controlada (AC).

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar os efeitos isolados de diferentes concentrações de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) e também as combinações dos gases na conservação pós-colheita da erva-mate.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a influência de níveis de oxigênio e gás carbônico na variação da cor, medida instrumentalmente, na concentração de clorofilas e carotenóides totais durante armazenagem de erva-mate.
- Verificar a influência de níveis de oxigênio e gás carbônico na variação da concentração de compostos fenólicos totais durante armazenagem de erva-mate.
- Determinar a presença de bolores e leveduras em erva-mate armazenada em diferentes níveis de oxigênio e gás carbônico.
- Avaliar o efeito das condições de armazenamento em atmosfera controlada sobre a produção de espuma da erva-mate.
- Avaliar sensorialmente o sabor da erva-mate armazenada em diferentes níveis de oxigênio e gás carbônico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos históricos da erva-mate

O primeiro relato do consumo da erva-mate foi feito em 1554, pelo general paraguaio Irala, ao observar índios Guaranis e do Guairá consumindo em um pequeno porongo e um canudo de taquara uma bebida feita com folhas. O produto consumido era constituído por folhas tostadas e fragmentadas, esse fato levou os colonizadores espanhóis a concluírem, equivocadamente, que a bebida era proveniente de uma planta de pequeno porte, considerando-a como folhas de uma erva, e denominaram-na “erva do Paraguai” (DA CROCE; FLOSS, 1999).

Os jesuítas da Companhia de Jesus do Paraguai no século XVII foram os primeiros a orientar os índios a realizar plantios de erva-mate, sendo então os precursores do cultivo sistemático, da coleta de sementes, produção de mudas e condução de erveiras. Foram também aqueles que deram maior contribuição à expansão da bebida, melhorando seu preparo e difusão entre os europeus. Apesar de alguns jesuítas colocarem que a erva-mate é supostamente afrodisíaca (para eles a erva do diabo), estes não conseguiram acabar com o costume e o vício que se tornara o uso da erva-mate em todas as horas e lugares, por indígenas, homens, mulheres, velhos e crianças (BERKAI; BRAGA, 2000). O hábito se generalizou desde o Peru até o Rio da Prata, penetrando nos lares dos colonizadores europeus, como bebida de todas as horas e lugares.

No Paraná, no período de 1628 a 1632, as bandeiras paulistas percorreram as regiões de Guaíra e regressaram trazendo índios guaranis prisioneiros e com eles o hábito da bebida, que era conhecido dos índios caingangues do planalto curitibano. Dessa maneira foi introduzido o hábito entre os portugueses. Desde 1723 já se explorava a erva-mate no Paraná para consumo interno, nas regiões campestres fortemente influenciadas por hábitos e costumes gaúchos e castelhanos. A indústria do mate de 1873 a 1890 absorveu todas as atividades paranaenses, monopolizando capital e trabalho, tornando o mate o principal produto e exportação do Estado (COSTA, 1989).

No Rio Grande do Sul a trajetória do mate restringiu-se as concentrações que se encontravam as margens dos rios Ijuí, Nhucorá e no Alto Uruguai, região antes

habitada pelos índios tupis. Depois da ocupação jesuítica, esses indígenas se retiraram do Alto Uruguai (COSTA, 1989).

Em 1755, o Rio Grande do Sul enviou o mate para a Europa e entre 1857 a 1858 o Rio Grande do Sul exportou 1.324.593 Kg de mate para a Argentina por via fluvial. O mate foi o esteio econômico da Revolução Farroupilha, e o Estado do Rio Grande do Sul foi desbravado e povoado com a cultura do mate. Em Santa Catarina a exploração do mate começou sob a influência do Rio Grande do Sul na cidade de Lages (COSTA, 1989).

A erva-mate foi classificada pelo botânico francês August de Saint Hillaire como *Ilex paraguariensis* no início do séc. XVII sendo nativa do Paraguai e dos estados do sul do Brasil e já era conhecida pelos índios guaranis. Foi reconhecida como um valioso complemento alimentar pelos jesuítas por volta do séc. XVI (LIMA, 2010). Quanto ao termo mate, a opinião mais aceita é que seja originário da língua indígena quíchua, do termo “mati”, que significa cuia, cabaça ou porongo, recipiente, feito do fruto maduro da cucurbitácea *Legenaria vulgaris*, no qual é preparada e bebida a infusão de folhas de erva-mate (MACCARI JUNIOR, 2005).

Evidencia-se que o chimarrão, de origem indígena, foi sendo incorporado aos hábitos de muitos colonizadores e a uma parte da população do sul do continente americano (BOGUSZEWSKI, 2007). Entretanto, é no século XIX que se difundiu o antigo costume guarani, através do impulso à produção voltada para o comércio (VASCONCELLOS, 2012).

As exportações brasileiras de erva-mate, destinavam-se ao Uruguai. Porém, a partir de 1988, as exportações passaram a atingir os mercados da Síria, Alemanha, Japão e Estados Unidos. A procura pela erva-mate deu-se principalmente pelo fato de servir como alimento e ser medicinal e, ainda, porque as colônias brasileiras instaladas nesses países possuem o hábito de tomar chimarrão (ANDRADE, 1999). A partir de 1989 ocorreu uma queda na produção nacional de erva-mate, o que pode ser explicado pela exaustão ocorrida pela exploração contínua e o avanço das áreas de lavouras sobre as matas nativas. Porém, paralelamente a demanda interna e externa aumentou, o que incentivou os plantios comerciais de erva-mate.

Quanto às importações brasileiras de erva-mate, segundo Rucker (1996) a economia ervateira tem se mantido ao longo dos anos entre relações comerciais entre Brasil e Argentina. O comportamento da demanda pela matéria-prima erva-

mate determinou e determina a alternância das importações/exportações entre estes dois países produtores e parceiros comerciais.

Na região sul do Brasil a bebida é bem concentrada, recebe água fervente, denominando-se chimarrão. No Sudeste serve-se gelado com gelo e limão; no Centro-oeste seu nome é Tereré, versão tropical do chimarrão. No Paraguai, Uruguai e Argentina é bebido com água gelada, porém há uma variação bastante grande no sabor.

2.2 Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paguariensis*) pertence à família *Aquifoliaceae* com cultivo denominado de silvicultura. É uma árvore perene semelhante a uma laranjeira, com seis a oito metros de altura. A extensão da dispersão atinge uma área de aproximadamente 540.000 km², que abrange, no Brasil, os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, na Argentina a Província de Misiones, parte da Província de Corrientes e pequena parte da Província de Tucumã e no Paraguai a área entre os rios Paraná e Paraguai (MEDRADO, 2005).

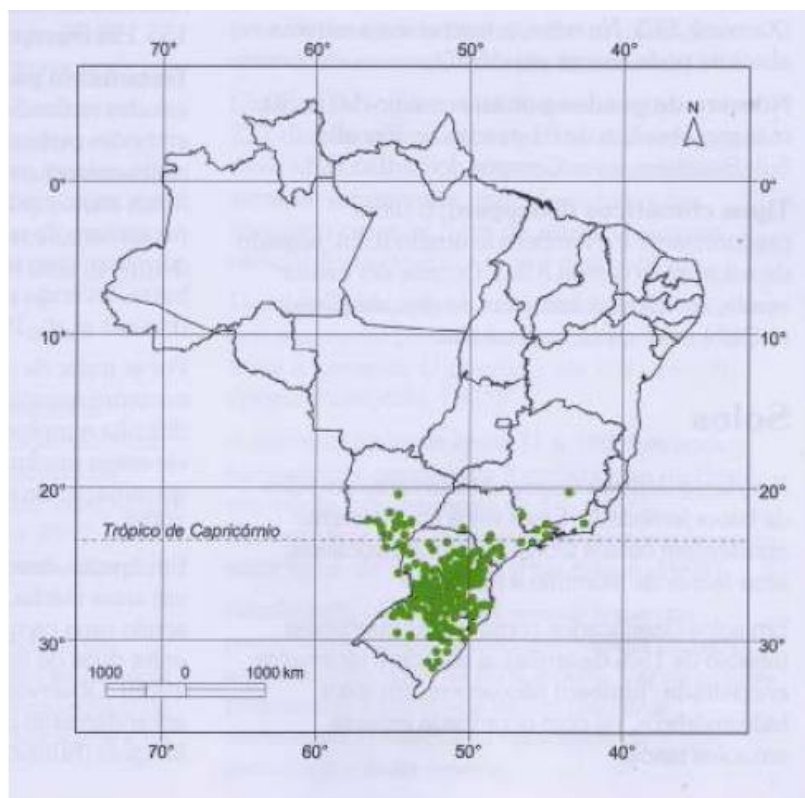


Figura 1 – Distribuição das áreas de ocorrência da erva-mate no Brasil.

Fonte: Carvalho (2003).

Atualmente, no Brasil, Argentina e Paraguai o cultivo da erva-mate é de grande importância socioeconômica, uma vez que é realizado por um grande número de pequenos produtores, comunidades indígenas e por ervateiras (LUZ, 2011). Ainda, ressalta-se que a Argentina é responsável por aproximadamente 64% da produção regional, em seguida o Brasil, com 31% e o Paraguai, com 5% (VASCONCELLOS, 2012).

Em nível de Brasil, o Rio Grande do Sul é considerado o maior produtor nacional de folha verde de erva-mate, com uma produção média de 260.866 toneladas/ano (IBGE, 2012). Seguem Paraná com 180.853 toneladas/ano, Santa Catarina com 69.064 toneladas/ano e Mato Grosso do sul com 2.473 toneladas/ano (IBGE, 2012).

Os municípios com maior produção de erva-mate no Rio Grande do Sul são Ilópolis, com 51.133 toneladas/ano, e Arvorezinha, com 40.733 toneladas/ano. Palmeira das Missões, Venâncio Aires e Fontoura Xavier também se destacam em termos regionais, com produções médias anuais variando entre 18.200 e 12.250 toneladas (SINDIMATE, 2013).

A erva-mate pode ser produzida em dois sistemas distintos, os ervais plantados e os ervais nativos. Além dessa variação, os ervais plantados diferem entre si em função do espaçamento de plantio adotado e/ou da presença de culturas agrícolas intercaladas (MENDES, 2005). A exploração da erva-mate está baseada no uso das folhas e ramos que colhidos e processados dão origem a diferentes produtos. Nos países onde é consumida recebe diferentes denominações, sendo “chimarrão” no sul do Brasil, “mate” na Argentina e Uruguai e “tererê” no Paraguai (BRACESCO et al., 2010).

No Brasil, a maior parte da erva-mate extraída provém de ervais nativos (MACCARI JÚNIOR et al., 2006). No entanto, há a preocupação em buscar novas tecnologias, visto a queda na produção desses ervais, devido à exploração contínua, o avanço da agricultura e ao aumento na demanda, cuja finalidade é suprir as exigências do mercado consumidor (DA CROCE, 2000; VALDUGA, 2002). Valduga (2002) relata que o aumento do plantio em forma de monocultura e a não seleção da coleta de matrizes para a produção de sementes têm gerado problemas para as indústrias ervateiras, como por exemplo, a intensificação do gosto amargo quando utilizada em infusão.

No preparo do “chimarrão” ou “mate” utiliza-se um recipiente feito da fruta porongo que é chamado de "cuia", neste a erva ocupa dois terços do espaço interno e o volume livre é completado com água quente formando uma infusão parcial (parte da erva permanece seca) (MEINHART et al., 2010). O extrato aquoso resultante é sugado pelo consumidor usando um canudo de metal, conhecido como bomba (HECK; MEJIA, 2007). A adição de água quente é repetida várias vezes, geralmente acompanhando as atividades diárias de tal forma que 1 litro é bebido durante o período médio de uma hora (BRACESCO et al., 2010).

Em termos nacionais, os estados que mais consomem anualmente erva-mate para chimarrão são Rio Grande do Sul com 70.000 toneladas, Paraná 20.000 toneladas e Santa Catarina 15.000 toneladas. Já para consumo de chá-mate, os maiores estados consumidores são o Rio de Janeiro, com consumo de 1.500 toneladas, São Paulo com consumo de 600 toneladas e Paraná e Rio Grande do Sul com 300 toneladas, respectivamente (UFRGS, 2013).

O setor ervateiro ainda depende quase que exclusivamente da comercialização da erva-mate na forma de chimarrão (RUCKER et al., 2003), o que limita o mercado às regiões onde é produzida. Estudos têm sido conduzidos com o intuito de identificar rotas alternativas para a aplicação da erva-mate, visando agregar valor a essa importante matéria-prima regional (CENI, 2005). Segundo o Anuário Brasileiro da Erva-Mate (1999), há um campo enorme para crescimento do consumo da erva-mate, tanto no Brasil como no exterior.

Atualmente, em função das demonstrações científicas dos efeitos benéficos do consumo de bebidas a base de erva-mate, seus usos estão se expandindo para países da Europa e América do Norte. No primeiro, em combinação com outras ervas, é usado para controle de peso, nos Estados Unidos é comercializado como bebida energética (VIEIRA et al., 2009; BRACESCO et al., 2010). Além disso, a erva-mate possui potencial que ultrapassa seu uso como bebida. Na década de 90 foram descritas algumas possibilidades, como mostra a Tabela 1 (MEDRADO; MOSELE, 2010). No entanto, alguns autores vêm enfatizando que há muito a ser aprimorado com relação à qualidade dos produtos (ESMELINDRO et al., 2002).

Tabela 1 – Aplicações da erva-mate

Aplicação Industrial	Subprodutos Comerciais	Forma de consumo
Bebidas	- Chimarrão e Tererê - Chá mate - Mate solúvel	Infusão quente ou fria
Insumos de alimentos	- Corante natural e conservante alimentar - Sorvetes, balas, bombons, chicletes e gomas	Clorofila e óleo essencial
Medicamentos	- Estimulante do sistema nervoso central - Compostos para tratamento de hipertensão, bronquite e pneumonia	Extratos de cafeína e teobromina Extratos de flavonóides
Higiene geral	- Bactericida e antioxidante hospitalar domestico. - Esterilizante e emulsificante.	Extratos de saponinas e óleos essenciais
Produtos de uso pessoal	Perfumes, descolorantes, sabonetes e cosméticos.	Extrato de folhas (clorofila)

Fonte: Medrado; Mosele (2010).

2.2.1 Processamento da erva-mate

O processo básico de produção da erva-mate pouco se modificou ao longo dos anos (ROCHA JÚNIOR, 2001). Segundo a resolução nº 485 do INM - Instituto Nacional do Mate (INM, 1955), basicamente existem dois ciclos: o do cancheamento e o do beneficiamento.

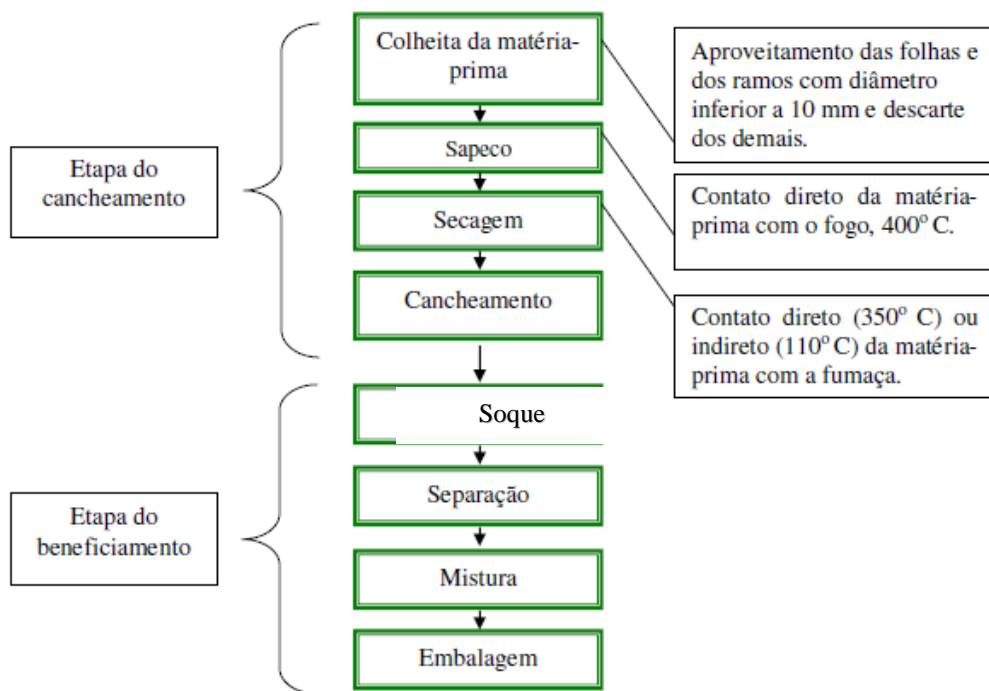


Figura 2 – Fluxograma das principais etapas envolvidas no processamento da erva-mate.

Fonte: Adaptado de Valduga (1995).

2.2.1.1 Ciclo do cancheamento

O processo inicia-se na colheita das folhas. A primeira colheita da erva-mate, normalmente, é feita após 3 ou 4 anos do plantio da erva-mate. Essa operação é realizada através da poda manual dos ramos com talos de diâmetro menor do que 10 mm, caso os galhos removidos sejam muito grossos, a erva pode necessitar de mais 3 ou 4 anos para que nova poda possa ser feita (PAGLIOSA, 2009).

A época mais apropriada para a colheita é durante o período de safra, compreendido entre os meses de maio a agosto. Nesse período, a erva sofre menos danos, pois não há brotação, as folhas estão maduras e está em repouso

fisiológico (DANIEL, 2009). Durante a safrinha, constituída pelos meses fora do período de safra e concentrada entre dezembro e fevereiro, a colheita é realizada embora haja alguns inconvenientes, devido a fatores climáticos como geadas precoces e insolação que prejudicam o desenvolvimento da planta podada, além de menor rendimento, pois a folha é menos espessa e possui umidade mais elevada. A colheita durante a safrinha visa aperfeiçoar o uso da estrutura de beneficiamento e o fluxo de caixa e, também a necessidade de atender a preferência dos consumidores brasileiros, fornecendo durante o ano todo um produto de cor verde intensa, característica da erva-mate recém-processada (MACCARI JUNIOR, 2005).

Após a colheita, a etapa seguinte é o sapeco. Esta etapa é feita em um cilindro rotativo metálico, com pequenas perfurações e inclinado, com aletas ou pás internas que conduzem as folhas colhidas pelo seu interior, recebendo as chamas. O tempo de residência total do material no equipamento pode variar de 2 (SCHMALKO; MACIEL; DELFEDERICO, 2003) a 8 minutos (ESMELINDRO et al., 2002). Durante a passagem das folhas e ramos no cilindro, ocorre o contato da erva-mate com chamas de combustão de lenha a temperaturas que variam de 300-350 °C (SCHMALKO et al., 1997) a 400-460 °C (NUÑEZ; KÄNZIG, 1995). Entretanto, na saída do cilindro as temperaturas são relativamente inferiores, particularmente da ordem de 65°C (ESMELINDRO et al., 2002). As altas temperaturas encontradas no equipamento são responsáveis pela desativação das peroxidases e polifenoloxidasas. Estas enzimas são encontradas naturalmente na erva-mate *in natura*, e quando não tem sua atividade enzimática inibida causam escurecimento das folhas e alteram o sabor das bebidas obtidas com o produto desidratado, normalmente conferindo amargor (SANTOS, 2009). Neste equipamento também ocorre uma pré-secagem do material de valores de 60 ±5% para valores em torno de 20 ± 15% em base úmida (ZANOELO et al., 2003).

Após o sapeco, a erva sapecada passa então para a fase de secagem. O processo de secagem é aquele através do qual, por fogo indireto, se reduz a umidade das folhas a valores inferiores a 10% (ABITANTE, 2007), obtendo-se folhas com consistência quebradiça e cripa. Durante esse processo a folha de erva-mate sofre uma perda de peso da ordem de 60%, e perda de volume, minimizando os custos de embalagem, transporte e armazenamento (MUJUMDAR, 2006). Os secadores mecânicos são os equipamentos mais modernos no setor. O tempo de residência e a temperatura média da erva nos secadores dependem das

características operacionais de cada um. No secador de esteira, o tempo médio é de 3 horas, e a temperatura varia entre 90 e 110 °C. No secador rotativo o tempo médio é de 30 minutos, sendo que na entrada do secador a temperatura média é de 350 °C e na saída de 110°C (ESMELINDRO et al., 2002). Estes secam as partes das folhas de maneira uniforme, com maior rapidez, minimizando perdas devido a uma melhor utilização da fonte de calor (VALDUGA, 1995).

Após secas, as folhas passam pelo processo de peneiramento, denominado cancheamento, que pode ser feito por meio de um triturador de madeira dura (pequena escala), ou um cancheador metálico (escala industrial). O método rústico e antigo de fragmentação consiste em colocar a erva-mate num galão de madeira circular, chamado “cancha”, cujo assoalho possui orifícios, sobre a cancha passa um cone dentado que fragmenta e tritura as folhas. Na indústria a redução de tamanho é feita por roscas, que moem e trituram as folhas secas de acordo com a rotação que é dada à rosca, levando a erva diretamente para o armazém, de onde seguirá para o soque. Após esse processo o produto passa a denominar-se erva “cancheada” (ROCHA JUNIOR, 2001; ESMELINDRO et al., 2002). A folha cancheada pode ser usada diretamente como matéria-prima para a produção de chás ou passar pelo processo de beneficiamento e ser denominada erva-mate (ESMELINDRO et al., 2002).

Uma vez cancheadas, as folhas passam por um processo de armazenagem ou estacionamento, fundamental para a formação do seu sabor. Nesta etapa, também conhecida como maturação ou envelhecimento, são atingidos os perfis de sabor necessários ao produto final, que foram iniciados no sapeco das folhas (CONTRERAS, 2007). A erva-mate cancheada é armazenada em sacos, tulhas ou a granel, quando destinada ao mercado interno, tendo como tempo de armazenagem de três a quinze dias. Se destinada à 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). O produto destinado à exportação na maioria dos casos sofre um armazenamento por período longo, onde a erva cancheada é embalada em sacos, e armazenadas em depósito por um período mínimo de 6 meses e nunca superior a dois anos. Neste período há uma transformação no produto que se torna de cor amarelada que é apreciada pelo mercado externo (EMBRAPA, 2014).

2.2.1.2 Ciclo do beneficiamento

No beneficiamento propriamente dito, a erva-mate adquire as características desejadas comercialmente e passa basicamente por três operações: o soque, a separação e a mistura ou *blend*.

O soque consiste em uma bateria de pilões mecânicos onde a erva-mate cancheada é socada até atingir a granulometria desejada. Quanto mais tempo a erva ficar nessa fase, mais fina ela será. A fase seguinte consiste em fazer a limpeza da erva-mate por meio de peneiras, ventiladores e filtros coletores de pó, o material é separado por uma série de peneiras, de acordo com os tamanhos das partículas, sendo os palitos também separados. Os palitos e as folhas são desidratados separadamente e, depois, agregados novamente na confecção das misturas. Um dos fatores que pode influenciar a suavidade do sabor é a quantidade de palito que há na erva (ISOLABELLA et al., 2010).

Segundo a Portaria nº 234, de 25 de março de 1998, a erva-mate para chimarrão era classificada de acordo com a proporção de folhas em PN-1, PN-2 e PN-3 possuindo 70, 60 e 50% de folhas, respectivamente (BRASIL, 1998). Em 2005, ocorreu a revogação dessa resolução e a substituição pela RDC nº 277 de 2005, ficando a critério das empresas a padronização das concentrações de folhas e talos nos produtos e cabe ao consumidor escolher o produto adequado à sua preferência (BRASIL, 2005).

Feita a composição da erva-mate, ela segue para ser embalada e é comercializada. A erva-mate beneficiada pode ter basicamente dois destinos (CONTRERAS, 2007):

- Mercado consumidor: fabricação de compostos de chimarrão. Produto embalado em pacotes com camadas de papel, polietileno e alumínio, para evitar o contato do produto com a umidade e a luz;
- Mercado industrial: diferentes partes obtidas no beneficiamento (pó, goma, talos, folha cancheada) são embaladas separadamente e levadas à mistura para obter os produtos desejados, ou vendidas a terceiros.

Em função das preferências sensoriais da população consumidora, o produto final se apresenta com variações principalmente relacionadas à granulometria,

presença de talos e envelhecimento, o que torna os produtos bastante diferenciados. Na Argentina a erva moída com palitos é consumida na Capital Federal e arredores, o restante do país consome erva-mate sem palitos, em relação ao grau de trituração também existem diferenças, sendo a mais consumida a moída fina no litoral, norte e sul do país (NYM, 2001). Os Uruguaios, de modo geral, preferem o mate com sabor forte, o tipo de erva-mate consumida no país é com folhas cortadas muito pequenas, sem palitos, e com quantidade significativa de pó (YERBA MATE CAFÉ, 2008). No Brasil há variações, porém na industrialização da erva-mate, são utilizadas folhas, pecíolos e ramos finos, tendo uma composição aproximada de 30% ramos e 70% folhas (HEINRICHS; MALAVOLTA, 2001).

2.3 Armazenamento

2.3.1 Armazenamento tradicional

Atualmente, a indústria ervateira realiza a colheita da erva-mate ao longo de todo ano. Este fato está relacionado a forma de armazenamento do produto, que é feito em sacos, tulhas ou a granel em depósitos em condições ambientais, tendo como tempo de armazenagem de três a quinze dias (ESMELINDRO et al., 2002). A umidade e a presença de oxigênio neste ambiente, assim como o tempo de armazenamento podem comprometer as características de qualidade da erva, em especial a coloração e o sabor do chimarrão.

O ideal para a indústria ervateira seria a colheita e o beneficiamento da matéria-prima no período adequado (maio a agosto) e armazenamento sob forma de erva cancheada, que é um produto com uma trituração grosseira, ou erva-mate pronta para o consumo, que é obtida da socagem da erva cancheada, porém com a forma de armazenamento que hoje é realizada, esta tarefa torna-se praticamente impossível. Para execução da colheita da erva-mate (ramos) na época adequada e comercialização na entressafra, o armazenamento em atmosfera controlada do produto parece ser uma alternativa tecnicamente praticável e economicamente viável.

2.3.2 Atmosfera controlada

O armazenamento pela Atmosfera Controlada (AC) consiste no prolongamento da vida pós-colheita de produtos, através da modificação dos gases no armazenamento, em sistema hermético. Como a composição normal da atmosfera encontra-se em torno de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,03% de gás carbônico e pequenas percentagens de outros gases, a atmosfera controlada baseia-se principalmente em modificar as concentrações de O₂ e CO₂ deixando em níveis desejáveis, considerando que o N₂ é um gás inerte (LUNARDI, 2009).

A mistura de gases deve ser escolhida conforme as necessidades específicas do produto, não havendo uma recomendação única para todos os produtos hortícolas. As atmosferas ótimas para frutas e para hortaliças frescas variam de acordo com a espécie, a região de cultivo (LARSEN; WATKINS, 1995), o estágio de maturação, a temperatura e o tempo de exposição às condições em questão (BRECHT et al., 2003). De acordo com Brackmann e Chitarra (1998), para se obter o benefício da AC, o nível de O₂ deve ser reduzido de 1% a 3% e o nível de CO₂ deve ser aumentado de 3% a 15%, dependendo do produto.

O equipamento que permite o uso da tecnologia de atmosfera controlada existe em escala comercial e tem sido muito utilizado para a maçã. O equipamento comercial, tem uma central eletrônica que controla automaticamente as concentrações parciais dos gases dentro das câmaras de armazenamento. Quando os níveis dos gases são alterados, a central aciona válvulas solenóides e o adsorvedor de CO₂ para baixar o nível desse gás na câmara e aciona forçadores de ar ou bombas para injeção de ar na câmara, quando o nível de O₂ está abaixo do pré-estabelecido. Em caso de elevação do nível do O₂, por falta de estanqueidade, o sistema pode ainda injetar N₂ na câmara (BRACKMANN, 2004).

Existem equipamentos de menor custo e com boa confiabilidade, que permitem aos centros de pesquisas estudarem o uso de AC para diferentes tipos de produtos. Estes equipamentos trabalham com atmosferas de fluxo contínuo, ou seja, um fluxo com mistura gasosa percorre a câmara de armazenamento na concentração requerida. Este tipo de sistema é capaz de retirar todo CO₂ produzido pela respiração e repor todo O₂ consumido, permitindo o controle da atmosfera de armazenamento (CUNHA JÚNIOR, 2011).

Em frutos, como em maçã, a atmosfera controlada (AC) traz inúmeros benefícios, permitindo um maior período de armazenamento que pode chegar até nove meses (BRACKMANN et al., 2003). Alimentos desidratados alteram-se durante a armazenagem, devido, principalmente, a perdas de vitaminas e pigmentos, reações de escurecimento, degradações oxidativas, alterações de sabor e aroma e modificações na textura. Um dos maiores desafios do setor ervateiro é a instabilidade da cor verde-brilhante durante a armazenagem da erva-mate. Geralmente, em condições ambientais, o tempo de armazenamento da erva-mate, gira em torno de trinta dias, caso contrário a qualidade é reduzida, em função da umidade e da presença de oxigênio, o qual causa uma oxidação rápida da clorofila, conferindo à erva uma coloração amarela ou marrom-escura e alterando o sabor do chimarrão (SANTOS, 2004).

O uso da atmosfera controlada pode ser uma alternativa no controle da qualidade e durabilidade da erva-mate durante o armazenamento, porém, não há informações da literatura referentes a este armazenamento e seu impacto na qualidade da erva-mate.

2.4 Componentes químicos da erva-mate

2.4.1 Clorofilas

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Estudos em uma grande variedade de plantas caracterizaram que os pigmentos clorofilianos são os mesmos. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais acompanham as clorofilas (VONELBE, 2000).

Os pigmentos fotossintéticos presentes e a sua abundância variam de acordo com a espécie. A clorofila *a* (Chl *a*) está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese. A Chl *a* é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica, enquanto os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência de energia para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. A clorofila *b*, os carotenóides e as ficobilinas constituem os chamados pigmentos acessórios (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o magnésio (Figura 3). Esse composto é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol (SCHOEFS, 2002). As clorofilas *a* e *b* encontram-se na natureza numa proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes do carbono C-3. Na clorofila *a*, o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH₃) no C-3 e a clorofila *b* contém um grupamento aldeído (-CHO), que substitui o grupo metil (VONELBE, 2000). A clorofila *a* é convertida em clorofila *b* através de uma enzima chamada clorofila *a* oxigenase, que catalisa a conversão do grupo metil ao grupo aldeído (XU et al., 2001).

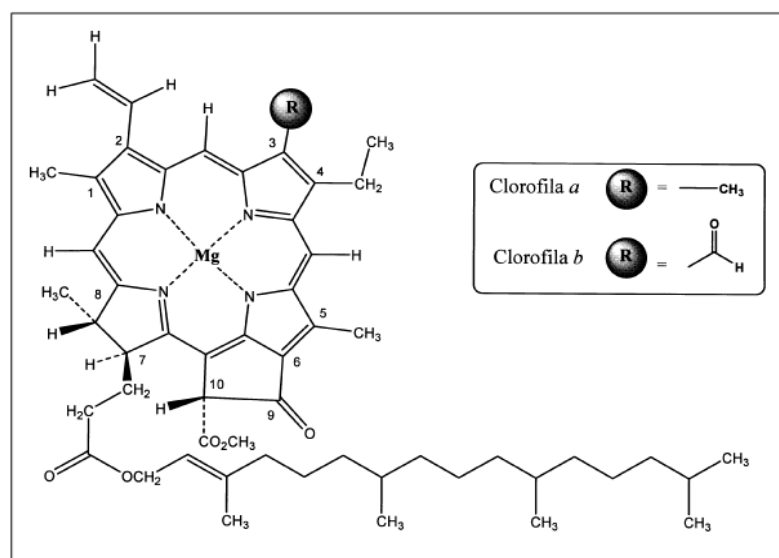


Figura 3 – Estrutura química das clorofilas *a* e *b*.

Fonte: Streit et al. (2005).

A mudança de cor no amadurecimento de frutos ou envelhecimento de vegetais é resultado da degradação das clorofilas que, enquanto presentes, mascaram a cor dos outros pigmentos. O processo tem início com a ação de duas enzimas, a clorofilase e a Mg-dequelatase, que removem o fitol e o Mg⁺², respectivamente, formando clorofilídeos e feofitinas. Embora não esteja clara a ordem em que essas reações ocorrem, acredita-se que além da ação das enzimas, fatores não-enzimáticos também possam estar envolvidos (HEATON,1996). Aparentemente, outras enzimas oxidativas, tais como a peroxidase e a lipoxigenase também podem contribuir com a descoloração da clorofila (MARTINEZ et al., 2001).

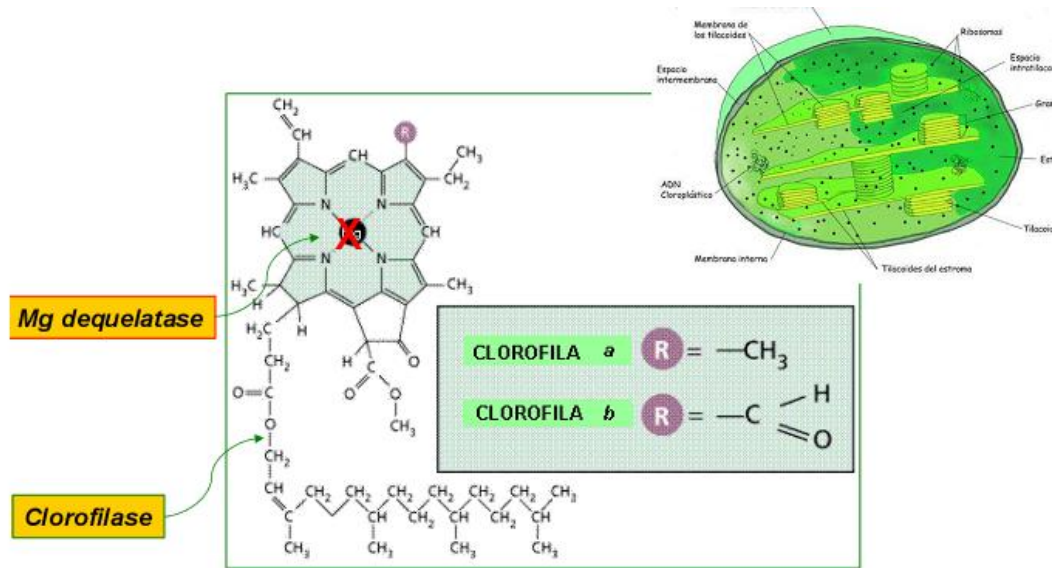


Figura 4 – Degradação da clorofila.

Fonte: Streit et al. (2005).

A coloração dos clorofilídeos é semelhante à da clorofila original, enquanto as feofitinas e os feoforbídeos, que são os produtos resultantes da ação da Mg-dequelatase sobre as clorofilas e os clorofilídeos, respectivamente, apresentam uma cor verde tendendo ao marrom, deduzindo-se que a remoção do átomo de Mg é fundamental para a mudança de cor (LANGMEIER et al., 1993).

Segundo Teng e Chen (1999), os pigmentos clorofilianos são susceptíveis a mudanças químicas e físicas durante o processamento de vegetais. Mudanças na coloração em função de tratamento térmico são resultado, principalmente, da conversão da clorofila em feofitina através da substituição do Mg^{+2} da clorofila por hidrogênio (AHMED et al., 2002). A feofitinização causa mudança de cor, de um verde-brilhante para um verde-oliva, e pode ocorrer sob muitas condições de processamento e armazenagem (SCHWARTZ; LORENZO, 1990). Em tecidos bioquimicamente ativos, pode ser formada através da enzima Mg-dequelatase (ROCA et al, 2004). A velocidade da reação de feofitinização é geralmente maior que a de outras rotas de degradação da clorofila, sendo considerado o mais importante mecanismo de destruição da clorofila durante o processamento e armazenagem de vegetais (MARTINS; SILVA, 2002).

A enzima clorofilase, presente normalmente nas plantas verdes, é a principal responsável pela formação das clorofilidas, derivados da clorofila sem a cadeia fitol. As clorofilidas são solúveis em água, possuem cor verde e têm as mesmas

propriedades espectrais das clorofilas. As clorofilidas que perdem o átomo de magnésio são denominadas feoforbídeos, que têm a mesma cor e propriedades espectrais das feofitinas (WONG, 1989).

A intensidade do verde tem relação direta com a concentração de clorofila (MORAWICKI et al., 1999). Estudos têm revelado que ocorrem perdas expressivas de clorofila no processamento (SCHMALKO; ALZAMORA, 2001) e também na armazenagem (SANTOS, 2004) da erva-mate, porém o mecanismo e produtos formados ainda não são conhecidos. Existem diversos caminhos possíveis para a degradação da clorofila, pois ela é sensível ao pH, enzimas, oxigênio, temperatura e luz, e a velocidade das reações é determinada pela atividade de água do alimento (BOHN; WALCZYK, 2004).

Em plantas senescentes, a célula regula internamente o catabolismo da clorofila. Diferentemente, em alimentos processados os fatores ambientais e a bioquímica celular atuam concomitantemente determinando as rotas de degradação do pigmento (HEATON; MARANGONI, 1996). Em virtude disso, a constituição do alimento e as condições de processamento, bem como o ambiente de armazenagem, influenciam grandemente no curso da degradação da clorofila em alimentos processados (MORAWICKI et al., 1999).

A clorofila presente em vegetais processados é sensível a fotodegradação, processo no qual, devido à oxidação, ocorre a abertura do anel tetrapirrólico e a sua fragmentação em compostos de menor massa molecular, entre eles monopirróis, resultando na perda de cor irreversível da clorofila (CABRAL-MALHEIROS, 2007). Diversos estudos têm investigado a degradação da clorofila durante o processamento e armazenagem, mas pouco se sabe a respeito do comportamento deste pigmento em sistemas com baixa atividade de água, como vegetais desidratados (NEGI; ROY, 2001).

2.4.2 Carotenóides

Carotenóides (Figura 5) são pigmentos lipossolúveis, amarelos, laranjas e vermelhos, presentes em muitas frutas e vegetais. Em plantas superiores, estão localizados em organelas subcelulares (cloroplastos e cromoplastos). Nos cloroplastos encontram-se associados principalmente a proteínas e são,

normalmente, mascarados pela presença de outros pigmentos clorofílicos dominantes (KURZ et al., 2008).

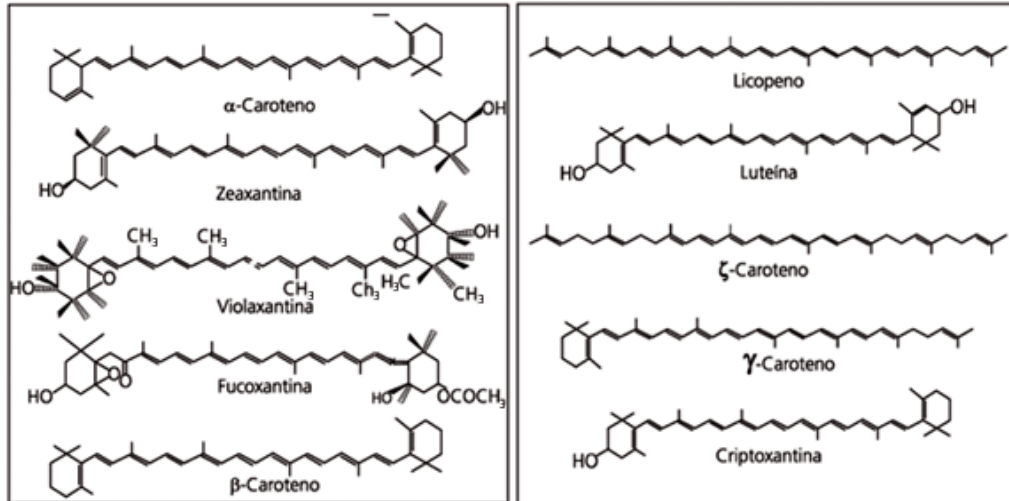


Figura 5 – Estruturas químicas dos carotenóides.

Fonte: Ambrósio et al. (2006).

Do ponto de vista químico, carotenóides são compostos polisoprenóides e podem ser divididos em dois grandes grupos: (a) carotenos ou carotenóides hidrocarbonos: compostos apenas de carbono e hidrogênio (ex. α e β -caroteno e licopeno) e (b) xantofilas: que são derivados oxigenados dos carotenos e contém pelo menos uma função hidróxi, ceto, epóxi, metóxi ou ácido carboxílico (ex. luteína, zeaxantina e astaxantina) (QUIRÓS; COSTA, 2006).

A mudança de cor dos carotenóides ocorre a medida que os números das duplas ligações aumentam, pois há um deslocamento no espectro de absorção da molécula, ou seja, a capacidade de absorver a luz visível depende da estrutura da molécula. Os comprimentos de onda máximos de absorção variam na faixa de 410 nm a 510 nm (FONTANA et al., 2000).

As duplas ligações podem ocorrer na forma cis e trans, sendo a forma trans mais frequentemente encontrada na natureza. O processamento e a estocagem de alimentos podem provocar isomerização das moléculas de carotenóides e alterar sua cor. Os compostos com todas as ligações na forma trans apresentam uma cor mais escura, conseqüentemente, o aumento das ligações cis resulta em um enfraquecimento gradual da cor (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Os carotenóides acumulam-se em cloroplastos de todas as plantas verdes como uma mistura de α e β -carotenos, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina, violaxantina e neoxantina, estando complexados não-covalentemente com proteínas. As funções dos carotenóides na fotossíntese são: pigmento para absorção de luz e fotoprotetores contra danos oxidativos (DELGADO-VARGAS et al., 2000). Na erva-mate os carotenóides constituem apenas 0,03 – 0,06%, mas são importantes na formação do aroma. Estes compostos incluem: caroteno, luteína, zeaxantina, violaxantina e outros.

O teor de carotenóides dos vegetais pode ser afetado por uma série de fatores como: grau de maturação, tipo de solo e condições de cultivo, condições climáticas, variedade dos vegetais, parte da planta consumida, efeito dos agrotóxicos, exposição à luz solar, condições de processamento e estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000).

2.4.3 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos formam uma das principais classes de metabólitos secundários de plantas alimentícias e apresentam uma grande variedade de estruturas e funções (ROSS; KASUM, 2002). Os compostos fenólicos estão presentes em frutas (uva, maçã e pitanga), legumes (feijão e soja), hortaliças (cebola e pimentão), café, vinho, chá verde, chocolate e na erva-mate.

Geralmente, a estrutura compreende um anel aromático, com uma ou mais hidroxilas substituintes, variando desde moléculas fenólicas simples até compostos altamente polimerizados. A maioria dos compostos fenólicos ocorre complexado a carboidratos (mono e polissacarídeos), proteínas e componentes vegetais (ROBBINS, 2003), resultando em uma grande variedade destes compostos na natureza, os quais são categorizados em classes, sendo os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos considerados como os principais compostos fenólicos da dieta (BALASUNDRAM et al., 2006).

De modo geral, fenóis são compostos que contém um grupo - OH ligado a um anel benzeno, polifenóis possuem mais do que dois (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007). O termo compostos fenólicos abrange aproximadamente 8000 compostos de ocorrência natural, todos possuindo uma característica estrutural comum, um anel

aromático, no qual, ao menos, um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila (SIMÕES et al., 2000; HECK; MEJIA, 2007; LEOPOLDINI et al., 2011).

Os compostos fenólicos podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides (SCOLLARY, 2010). Os flavonóides são os mais importantes polifenóis da dieta humana. Estão entre os compostos naturais mais disseminados nas plantas e podem ser divididos em várias sub-classes, de acordo com o grau de oxidação do oxigênio heterocíclico (EFING, 2008). Apresentam a estrutura química descrita como C6-C3-C6 (difetilpropano), que consiste em dois anéis aromáticos denominados anel A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C, possuindo hidroxilas e glicosídeos distribuídos no anel (ANGELO; JORGE, 2007). Segundo Barboza (2006), os flavonóides constituem 20% a 30% da composição da erva-mate, são solúveis em água, incolores e conferem o sabor adstringente ao mate.

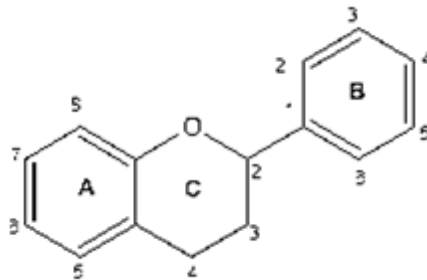


Figura 6 – Estrutura química dos flavonóides.

Fonte: Heim et al. (2002).

Variações na estrutura dos flavonóides acabam subdividindo este grupo em flavonol, flavona, flavanol, isoflavonas e antocianinas. Os flavonóides diferem quanto ao arranjo dos grupamentos hidroxil, metoxil e glicosídico, e na conjugação entre as cadeias fenólicas (DORTA, 2007). Os flavonóides são diferenciados dos demais flavonóides pela presença do grupo hidroxílico (na posição 3) e do grupo carbonílico (na posição 4), apresentando uma dupla ligação entre os carbonos do anel C. Na erva-mate está presente o flavonol glicosídico rutina (Figura 7), que é constituído pela quercetina associada a um dissacarídeo (6-O-a-L-ramnose-D-glucose).

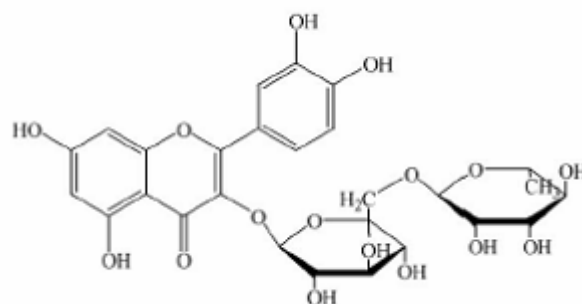


Figura 7 – Estrutura química da rutina

Fonte: Rizzo et al. (2006).

Os compostos fenólicos não flavonoides (Figura 8) caracterizam-se por possuir um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula. Estão classificados em derivados do ácido hidroxibenzoico, que tem estrutura comum C6-C1 (ácido gálico, vanílico e elágico), e derivados do ácido hidroxicinâmico, que são compostos aromáticos com três carbonos que formam uma cadeia lateral com estrutura C6-C3 (ácidos caféico, ferúlico e p-cumárico) (ANGELO; JORGE, 2007).

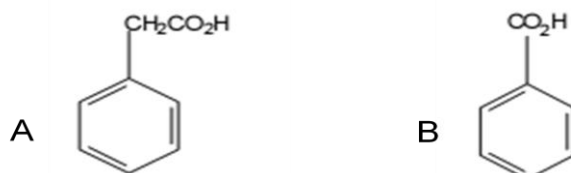


Figura 8 – Estrutura química de ácido hidroxicinâmico (A) e ácido hidroxibenzoico (B).

Fonte: Mamede; Pastore (2004).

A erva-mate contém ácidos hidroxicinâmicos. Dentro desse grupo classificam-se os ácidos clorogênicos (CGA), que são uma família de ésteres formados entre o ácido quínico e um ou mais resíduos de alguns ácidos transcinâmicos, sendo os mais comuns o p-cumárico, o ferúlico e o caféico (CLIFFORD, 2007). O ácido 5-cafeoilquínico é um dos CGA presente na erva-mate (Figura 9), formado pela esterificação do ácido quínico com o ácido caféico (CLIFFORD, 1985). Segundo Bracesco et al. (2010), o ácido clorogênico corresponde a 42% dos compostos extraídos durante o consumo do chimarrão.

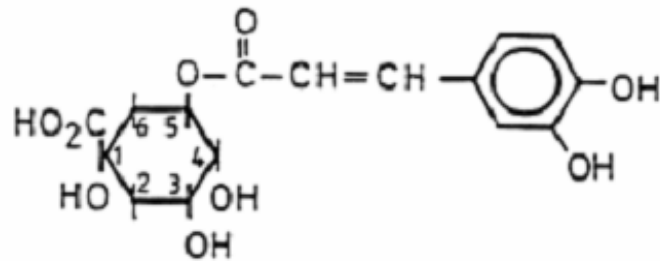


Figura 9 – Estrutura química do ácido 5-cafeoilquínico

Fonte: De Maria et al. (1998)

De acordo com a literatura, os teores analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em base seca de rutina, ácido caféico e ácido 5-cafeoilquínico encontrados na erva-mate variam de 0,60 a 13,00 mg.g⁻¹; 0,14 a 0,55 mg.g⁻¹ e 5,70 a 28,00 mg.g⁻¹, respectivamente (CARDOSO JÚNIOR et al., 2007). O conteúdo desses compostos na erva-mate é fator importante para estimular o apelo ao consumo do produto sendo que os estudos mostram que existem variações nos teores para um mesmo componente, que podem ocorrer em função da localidade e modo de cultivo (DA CROCE, 2002) ou processamento empregado na industrialização (ZANOELO et al., 2006).

Estudos realizados com vegetais, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) apresentou a maior quantidade de compostos fenólicos (145 mg EAG.g⁻¹) folha seca), comparando com alecrim, macela, alcachofra, sálvia, camomila, capim-limão, malva (ASOLINI et al., 2006). Abreu (2013) avaliou o teor de compostos fenólicos totais em chás de 12 espécies de plantas (hibiscus, banchá, hortelã, erva-mate, carqueja, macela, maçã, funcho, camomila, erva doce, endro e malva) e verificou que a erva-mate ficou na quarta colocação quanto aos teores de compostos fenólicos.

No que se refere aos polifenóis já identificados e de teores mais elevados podem ser citados: ácidos clorogênicos, ácido caféico; ácido 3,4-dicafeoilquínico; ácido 3,5-dicafeoilquínico e ácido 4,5-dicafeoilquínico (DARTORA, 2010).

Atualmente, existe um grande interesse em fitoquímicos como componentes bioativos de alimentos, onde o papel de vegetais na prevenção de doenças tem sido atribuído em parte a propriedade antioxidante de seus constituintes polifenólicos. As bebidas de erva-mate são reconhecidas como fonte de compostos fenólicos, prontamente absorvidos pelo organismo e responsáveis por seus efeitos

antioxidantes *in vitro* e *in vivo* (BASTOS et al., 2006). A atividade dos compostos fenólicos, devida principalmente às suas propriedades de óxido-redução, pode absorver e neutralizar radicais livres, quelando o oxigênio singlete e triplete ou decompondo peróxidos (SALDANHA; BASTOS, 2006). Segundo Rodrigues (2009), os radicais livres exercem influência contínua e fisiológica no desenvolvimento das ações biológicas do organismo e têm como fonte principal o oxigênio e seus derivados.

Autores relatam que a maior parte da atividade antioxidante da erva-mate é devido aos compostos polifenólicos presentes nesta, sendo que o potencial da atividade antioxidante não depende somente da quantidade, mas também do tipo destes compostos (RAKOCEVIC; MARTIM, 2010).

Filip et al. (2000) analisaram a atividade antioxidante de plantas do gênero *Ilex* e observaram que a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) apresentava uma maior atividade, e que essa propriedade era preservada na bebida. Essa constatação permitiu especular que o consumo regular da erva-mate poderia melhorar significativamente as defesas antioxidantes do organismo. Para Kono et al. (1997), algumas das propriedades terapêuticas desta planta são atribuídas ao alto conteúdo de derivados cafeoil, ácido caféico e seus derivados, pois os mesmos exibem propriedade antioxidante em sistemas biológicos e químicos.

Para Melo e Guerra (2002), a atividade antioxidante de um composto proveniente de uma fonte natural é influenciada por diversos fatores, como: país ou região na qual a planta foi cultivada, o solvente e a técnica de extração empregada, e ainda, a forma em que a amostra encontrava-se para análise, se em pó, em extrato ou como uma fração isolada.

2.5 Microbiologia da erva-mate

Em termos gerais, as contaminações microbianas dos alimentos são indesejáveis e nocivas, podendo resultar em produtos de má qualidade, com perda nutricional, dano estético, depreciação do valor comercial e risco para a saúde do consumidor (ZEGARRA et al., 2009).

Plantas em geral contêm grande quantidade e diversidade de fungos e bactérias que fazem parte de sua própria microbiota natural, podem advir do solo ou serem contaminadas durante o processamento e manipulação. As condições de

manejo, secagem e armazenamento podem influenciar no desenvolvimento de micro-organismos viáveis que aumentam o grau de contaminação do produto (WHO, 1998).

Um problema que tem afligido o setor ervateiro é a contaminação microbiológica que afeta as qualidades físicas, sanitárias e nutricionais da erva-mate. Por se tratar de produto extremamente desidratado poucos são os micro-organismos que podem se multiplicar neste material. Entretanto, os fungos filamentosos por apresentarem estruturas de resistência, podem permanecer no produto até que existam condições físicas e nutricionais para o seu desenvolvimento. As condições da coleta, manipulação, secagem, transporte e estocagem podem propiciar o desenvolvimento destes micro-organismos, que quando em presença excessiva resulta na deterioração ou redução da vida útil do alimento (RENOVATTO; AGOSTINI, 2008).

O sapeco e a secagem da erva-mate são etapas do processamento agroindustrial de desidratação, que combinam a transferência de calor e massa na qual quase toda água do produto é eliminada, reduzindo sua atividade de água que influencia no crescimento microbiológico, atividade enzimática e reações de deterioração física e química (TORREZAN; JARDINE; VITALI, 1997).

A principal preocupação é que a *Ilex paraguariensis* é armazenada em grandes quantidades após sua colheita em depósitos como armazéns, barracões, gerando um habitat propício para o crescimento de diversos micro-organismos, especialmente fungos. Deste modo, podem ocasionar prejuízos à saúde de trabalhadores das indústrias de erva-mate, bem como de consumidores dos produtos (RENOVATTO; AGOSTINI, 2008).

Informações contidas na literatura sobre fungos associados a erva-mate, revelam mais de 120 espécies registradas. Os primeiros registros da literatura abordando fungos associados à erva-mate ocorreram em 1908 na Argentina. No Brasil, a abordagem deste assunto iniciou-se com os trabalhos de Maublanc em 1913 e Grillo em 1936, os quais compilaram informações sobre os fungos associados à erva-mate, sem a determinação de sua patogenicidade. Posteriormente, no Paraná, Vellozo em 1949 e Nowacki em 1954 relataram algumas doenças e a descrição de fungos associados à cultura da erva-mate (GRIGOLLETTI et al., 1996).

A constatação de contaminação fúngica em erva-mate processada pode ser consequência de vários fatores como a contaminação por resíduos de solo, de micro-organismos da filosfera e por falhas no processo de secagem. Neste último caso, os fragmentos maiores, como o palito e os fiapos, permanecem com alto teor de umidade, permitindo o desenvolvimento dos micro-organismos contaminantes (SCHIFFL, 1997).

Os fungos são organismos que revelam notável capacidade de adaptação e crescimento sob condições de umidade e temperatura extremamente variáveis. Estes são pouco exigentes quanto aos nutrientes disponíveis, razão pela qual o crescimento pode ocorrer praticamente em qualquer tipo de alimento (LAZZARI, 1997).

Fungos como *Aspergillus* e *Penicillium*, encontrados em praticamente todos os nichos ambientais apresentam várias espécies produtoras de metabolitos tóxicos durante seu crescimento e desenvolvimento (BUGNO et al., 2005). A ingestão dessas micotoxinas pode causar efeitos agudos ou crônicos no homem, especialmente no fígado, rins e cérebro. As micotoxinas mais importantes são aflatoxinas (*Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*), fusariotoxinas (*Fusarium spp*) e ocratoxinas (*Aspergillus alutaceus* e algumas espécies de *Penicillium*).

Micotoxinas designa um grupo de metabólitos secundários produzidos por determinadas espécies de fungos filamentosos. Estes metabólitos secundários são quimicamente diversos e podem estar contidos no interior dos esporos, em seus micélios, ou então serem liberados no alimento contaminado por estes micro-organismos. Estas micotoxinas, dependendo da quantidade ingerida, podem ser nocivas à saúde humana, vindo a ser carcinogênicas ou hepatotóxicas (BERNARDI et al., 2005).

Bernardi et al. (2005), ao avaliar diferentes amostras de erva-mate, concluíram que os fungos *Aspergillus sp* e *Penicillium sp* são os contaminantes que predominam na erva-mate analisada. Borges et al (2002), em seus estudos com erva-mate, também identificaram os fungos *Aspergillus sp* e *Penicillium sp*.

Investigações da modificação da atmosfera no controle de bactérias que deterioram os alimentos e bactérias de importância para a saúde pública são relatadas em vários estudos (ANDERSON; FUNG, 1983; HOTCHKISS, 1988; FARBER et al., 1990). Dados sobre os efeitos do alto nível de dióxido de carbono e/ou esgotamento do oxigênio sobre o crescimento de fungos são ainda muito

limitados. Fatores que devem ser considerados são: a quantidade mínima de O₂ necessária para o crescimento; os efeitos inibitórios de concentrações crescentes de CO₂ e de quaisquer efeitos interativos dos dois gases na mistura (GIORNI et al., 2008).

Segundo estudo realizado por Taniwaki et al. (2009), a composição gasosa do ambiente adjacente ao alimento afeta o tipo de micro-organismos nele predominante. A presença de altas concentrações de O₂ favorece o crescimento de micro-organismos aeróbios, enquanto baixas concentrações desse gás favorecem a predominância de anaeróbios. Além disso, o CO₂ tem efeitos inibidores sobre o crescimento microbiano e a produção de toxinas.

2.6 Qualidade sensorial da erva-mate

O desenvolvimento da análise sensorial foi influenciado por mudanças frequentes na tecnologia de produção e distribuição dos alimentos, que alteravam a qualidade do produto. Outro fator importante foi o reconhecimento deste tipo de análise pelas indústrias de alimentos como um instrumento chave para a seleção de produtos, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade e aceitação de consumidor. A análise sensorial atualmente tem representado um papel decisivo em vários setores sendo utilizada para: desenvolvimento de novos produtos, reprodução do produto, melhoramento do produto, alteração de processo, redução de custo e/ou seleção de nova fonte de suprimento, controle de qualidade, estabilidade no armazenamento, avaliação do nível de qualidade do produto, aceitação do consumidor, preferência do consumidor. Os cinco órgãos dos sentidos são as funções que permitem a captação das informações do mundo exterior, sendo eles a visão, audição, olfato, tato e sabor. A análise sensorial é realizada através do uso destes cinco sentidos, de forma a interpretar as respostas aos estímulos aplicados. O elemento humano é o instrumento que registra a medida, portanto uma equipe formada por um grupo de julgadores deve ser tratada como um instrumento científico (LAWLESS; HEYMANN, 1999).

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).

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 (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

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).

O sabor amargo característico do chimarrão também é verificado pelos consumidores. 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 produção de espuma também é apreciada pelo consumidor de erva-mate (KANZING, 1995). Na prática, os adeptos ao chimarrão, consideram o mate “lavado”, ou fraco, a partir do desaparecimento da espuma quando a cuia é abastecida com água.

3 ARTIGOS

- **Artigo 1** – Storage of yerba maté in controlled atmosphere. Artigo publicado na Revista Ciência Rural.
- **Artigo 2** – Effects of controlled atmosphere, form and place of cultivation on postharvest quality of Yerba mate raw material. Artigo nas normas da Revista Food Chemistry.
- **Artigo 3** – Condições de armazenamento nas características de qualidade de erva-mate. Artigo nas normas da Revista Semina: Ciências Agrárias.

3.1 Artigo 1: Storage of yerba maté in controlled atmosphere

Storage of yerba maté in controlled atmosphere

Armazenamento de erva-mate em atmosfera controlada

Sarah Lemos Cogo Prestes^{1*} Fabio Rodrigo Thewes² Cláudia Kaehler Sautter³ Auri
Brackmann⁴

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of controlled atmosphere in the change of color, chlorophyll degradation and phenolic compounds concentration in yerba maté thickly ground (“*cancheada*”) and thinly milled (“*socada*”). Yerba maté samples from the towns of Arvorezinha (RS - Brazil) and São Mateus do Sul (PR - Brazil) were stored in four levels of oxygen (1, 3, 6 and 20.9kPa of O₂) and four levels of carbon dioxide (0, 3, 6 and 18kPa of CO₂) and then were analyzed, after nine months of storage. According to the results, the O₂ partial pressure reduction decreased the loss of green coloration, kept a higher content of chlorophylls and of total phenolic compounds. In relation to the different levels of CO₂, a response as remarkable as O₂ was not observed. The yerba maté that was thickly ground (“*cancheada*”) presented a better storage potential than the one thinly milled (“*socada*”) in the storage with O₂ and with CO₂. The 1kPa of O₂ condition kept the yerba maté greener and with a higher content of chlorophylls and of total phenolic compounds after nine months of

¹ Doutoranda do Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Prof^a do Instituto Federal Sul Rio-Grandense/Campus Bagé. *Autora para correspondência. E-mail: sarahlc@terra.com.br.

² Curso de Agronomia UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: fthewes@yahoo.com.br.

³ Professora Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cksautter@gmail.com.

⁴ Prof. Pesquisador, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: auribruckmann@gmail.com.

storage. The CO₂ partial pressure kept the yerba maté coloration greener and with a higher content of chlorophylls and of total phenolic compounds, regardless of the level used, in the maté from both cultivation areas.

Key words: *Ilex paraguariensis*, storage, coloration and phenolic compounds.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da atmosfera controlada na alteração da cor, degradação da clorofila e concentração de compostos fenólicos em erva-mate cancheada e socada. Amostras de erva-mate provenientes de Arvorezinha (RS) e São Mateus do Sul (PR) foram armazenadas em quatro níveis de oxigênio (1, 3, 6 e 20,9kPa de O₂) e quatro níveis de gás carbônico (0,3, 6 e 18kPa de CO₂), as quais foram analisadas ao final de nove meses de armazenamento. Segundo os resultados, a redução das pressões parciais de O₂ reduziu a perda da coloração verde, manteve maior teor de clorofilas e de compostos fenólicos totais. Em relação aos diferentes níveis de CO₂, não se constatou uma resposta tão marcante como na de O₂. Tanto no armazenamento com O₂ como com CO₂, a erva-mate cancheada apresentou melhor potencial de armazenamento do que a erva-mate socada. A condição com 1kPa de O₂ manteve a erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais após 9 meses de armazenamento. A pressão parcial de CO₂, independente do nível utilizado, mantém a coloração da erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais nas ervas provenientes dos dois locais de cultivo.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, armazenamento, coloração e compostos fenólicos.

INTRODUCTION

The yerba maté (*Ilex paraguariensis*) is a native species that stands out as an economical, social and ecological source for the southern region of Brazil, northern and eastern region of Argentina and Paraguay. Brazil is one of the world's greatest producer of yerba maté and the state of Paraná is responsible for a great part of the national production

(SIDRA, 2012), serving the maté companies for domestic consumption, besides providing raw material to the exporter industrial segment.

A great part of the Brazilian yerba maté production is addressed to the consumption in forms of beverages such like “*chimarrão*”, compound for “*chimarrão*”, tea and “*tererê*”. Considering its complex chemical composition, due to the presence of bioactive organic compounds (caffeine, phenolic acids and saponins) and other plant extracts, the prospects for its use in new areas, such as the elaboration of extracts and compounds or as source of pharmaceutical products for phytotherapy, are promising (VIEIRA et al., 2009).

The product of yerba maté is obtained from the *Ilex paraguariensis* branches and has as main quality index for the Brazilian consumers the green color (VALDUGA et al., 2005). The yerba maté color is owed to the presence of chlorophyll and the intensity of the green has a direct relation to the concentration of this pigment (MORAWICKI et al., 1999).

One of the greatest challenges of the maté industry is the instability of the bright green color during its storage. For this reason the yerba maté is harvested throughout the year in order to obtain a green product without any odd flavor, result of fast aging process and presence of fungi (ROBERTSON, 1993). However, the best quality product is obtained from May to August, when the plants sprout and these new buds are singed, a step of the raw material processing (“*sapeco*” – *heat treatment*), giving the yerba maté a burnt taste. Later in the annual cycle, the plant bears fruits which give the maté a bitter taste that is not desired by the Brazilian consumer.

Therefore, the ideal for the maté industry would be to harvest and process the raw material during the appropriate period (May to August) and to store it either thickly ground or ready for consumption as thinly milled. Nevertheless, the yerba maté cannot be stored under ambient conditions for a long period of time without great quality losses, that occur due to humidity and presence of oxygen, which causes a faster oxidation of chlorophylls, causing a

yellow or dark brown coloration that changes the taste of the “*chimarrão*” (TEXEIRA NETO, 1999).

When the branches are harvested at the proper time and the processed product is marketed during the offseason, the storage in controlled atmosphere can be an alternative to maintain the quality and increase the maté preservation period. However, there is no information in the literature regarding this storage and its impact in the quality of the yerba maté product.

Thereby, the objective of this research was to evaluate the effect of the controlled atmosphere storage in the change of color, chlorophyll degradation and phenolic compounds concentration in the thick ground form (“*cancheada*”) of yerba maté and in the one ready for consumption (“*socada*”), from the towns of Arvorezinha (RS - Brazil) and São Mateus do Sul (PR - Brazil).

MATERIAL AND METHODS

The raw material used was the thickly ground yerba maté (“*cancheada*”) and the processed form for “*chimarrão*” (“*socada*”), from Arvorezinha (RS - Brazil) and São Mateus do Sul (PR - Brazil) cities. Between the harvest of the raw material and the preparation of the yerba maté 15 days elapsed, in order to ensure a high quality product. The yerba maté leaves were submitted to the standard industrial processing of drying and milling to get the powder yerba maté, “*chimarrão*” type at the Vier company in the town of Santa Rosa (RS – Brazil). For each treatment, four repetitions of the 1kg experimental unity of maté were used. The samples were stored during nine months, in hermetically sealed experimental mini chambers, with a 0.232m³ volume, which were connected by plastic pipes to a control desk with gas analyzers. The mini chambers were placed inside the refrigeration room at a temperature of 20±0.2°C.

The yerba mate was stored in four levels of oxygen (1, 3, 6 and 20.9kPa of O₂) and four levels of carbon dioxide (0, 3, 6 and 18kPa of CO₂). The controlled atmosphere (CA) conditions were installed by the injection of nitrogen (N₂), from a N₂ generator that works by the “Pressure Swing Adsorption” (PSA) principle. Through the dilution with N₂, the O₂ partial pressure was reduced until the pre established level for each treatment. The CO₂ partial pressures were obtained through the injection of this gas, from high pressure cylinders, inside the mini chambers. During the storage period, the gases partial pressures (O₂ and CO₂) were monitored and corrected once a week, using Schele analyzers.

In order to determine the yerba maté color a Minolta CR 310 colorimeter was used, operating in the CIELAB system. Previously to the color determination, the yerba maté samples were manually sieved, with the use of test strainer with an 800µm mesh aperture, to eliminate white sticks left from the branches milling. Then the samples were stowed and compacted in Petri dishes. The color determinations were performed in triplicates.

The total chlorophylls were evaluated according to the method described by LICHTENTHALER (1987) and the total phenolic compounds were determined by the Folin – Ciocalteu colorimetric method, described by SINGLETON et al. (1999), using Gallic acid as standard.

An analysis of variance (ANOVA) was carried out for all the parameters evaluated. When the ANOVA was significant, the parameters were compared by Tukey’s test, at 5% of probability of error. A *Pearson* correlation analysis was also carried out.

RESULTS AND DISCUSSION

The storage condition factor (O₂), the yerba maté types and its interaction presented a significant influence (P<0.05) in the color instrumentally determined in the samples from Arvorezinha and São Mateus do Sul. The increase of the Hue angle is related to an enhancement green color and consequently, a reduction of the yellow. By this reasoning, it is

observed that the yerba maté thickly ground (“*cancheada*”) from both towns kept greener and less yellow during the storage at 1kPa of O₂ (Table 1). In the same table it can be seen that as the O₂ concentration increases, a significant decrease in the green coloration of the yerba maté occurs and the same response was found in both sites evaluated in the present study. This fact is related to the oxidation of chlorophylls when the O₂ partial pressures increases (Table 1), once studies have shown that the yerba maté green coloration has a strict relation to the chlorophylls concentration (MORAWICKI et al., 1999; BOBBIO & BOBBIO, 1995). Considering the two types of yerba maté (“*socada*” and “*cancheada*”) and the two sites (Arvorezinha e São Mateus do Sul), a better maintenance of the green color in the yerba maté is observed in all the O₂ partial pressures.

In the yerba maté storage with CO₂, no significant differences between 3, 6 and 18kPa CO₂ partial pressures were found (Table 2). However, these three CO₂ levels differed from 0kPa CO₂, which showed lower green coloration in the two types of yerba maté and sites. When comparing the two types of maté in both sites, the thickly ground (“*cancheada*”) coloration was greener and less yellow; regardless the storage conditions (Table 2).

The total concentration of chlorophylls in both types of yerba maté and sites analyzed was reduced after nine months of storage in controlled atmosphere with low oxygen levels (Table 1) and with high carbon dioxide levels (Table 2). According to the literature, an exponential reduction of the chlorophylls occurs during the storage of yerba maté (CABRAL-MALHEIROS, 2010).

Chlorophylls degradation in the maté stored under low O₂ and also under high CO₂ was greater in the thinly milled form of yerba maté (“*socada*”) in both sites. These processes may be linked to the loss of color during the storage of yerba maté, as it has been suggested for other vegetables (KING et al., 2001). Regarding the storage conditions, the O₂ partial pressure of 1kPa, both in the yerba maté thickly ground (“*cancheada*”) as in the thinly milled

("socada"), resulted in a higher maintenance of the chlorophylls content after storage, regardless its place of origin (Arvorezinha or São Mateus do Sul).

The greener coloration of thickly ground ("cancheada") yerba mate indicates less chlorophylls degradation, once the chlorophylls content has a high correlation to the coloration instrumentally measured (Table 3). However, the chlorophylls concentration and the green coloration responses, on yerba mate stored under CO₂ levels, did not follow a pattern as perfect as in the storage with O₂, nonetheless one still can infer that the green color modification occurs due to changes in the chlorophylls content (BOBBIO & BOBBIO, 1995). The lower chlorophylls degradation possibly has a relation to the smaller O₂ contact surface, considering that the yerba maté "cancheada" is thickly ground reducing the O₂ contact surface in relation to the yerba maté "socada" which is thinly milled, since a bigger surface of material propitiates stability problems due to the humidity absorption and to the fostering of oxidative reactions. Other studies have also pointed that the granulometry of the maté is related to the chlorophylls degradation (KING et al., 2001; SANTOS, 2004).

A correlation analysis was conducted with the data obtained from both sites and types of maté, in the storage with O₂ (1, 3, 6 and 20.9kPa) and with CO₂ (0, 3, 6, and 18kPa), crossing the color parameter (h°) with the total chlorophylls. There was a significant correlation (P<0.05) between the parameters (Table 3). Similar situation occurred in CABRAL-MALHEIROS (2007) research. This result shows that the chlorophylls content variation influences significantly the yerba maté coloration, in other words, when the chlorophylls content decreases the hue angle values decline and vice versa. One can also infer that the correlation coefficients are mostly high, which shows high influence of variable on the other.

Concerning the phenolic compounds, it is possible to infer that the yerba maté stored in the thick ground form ("cancheada") presents a higher concentration of those than the one

stored in the thin milled (“*socada*”), nevertheless losses occurred during the storage with low levels of oxygen and high levels of carbon dioxide (Table 1 and 2). BURGARDT (2000) and VALDUGA et al. (2003) reported in their studies that the phenolic compounds variation is associated to factors such as the division degree of the yerba maté (granulometry). The oxygen levels reduction and the carbon dioxide increase presented a positive effect in the phenolic compound concentration, although is possible to verify losses throughout the storage. Specifically in relation to the O₂ partial pressures, a decrease in the phenolic compounds content was found until 3kPa of O₂ and this did not differ significantly from the lower condition of O₂ (1,0kPa). Whereas in the different levels of CO₂, the same response to the storage in O₂ were not observed, significant difference occurred only between the storage without CO₂ and with CO₂, regardless of the partial pressure used. As to the form of yerba maté, thickly ground (“*cancheada*”) and thinly milled (“*socada*”), phenolic compound contents were significantly greater in the thick maté, in both origin sites (Table 2).

CONCLUSION

The findings indicate that the controlled storage condition with 1kPa of O₂ keeps the yerba maté greener, with a higher content of chlorophylls and total phenolic compounds after nine months of storage. The CO₂ partial pressure kept the maté greener, with a higher content of chlorophylls and total phenolic, regardless of the level, in both cultivation areas.

The yerba maté that was thickly ground (“*cancheada*”) presents greater storage potential than the one thinly milled (“*socada*”).

ACKNOWLEDGEMENTS

To Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for financial support.

REFERENCES

- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 231p.
- BURGARDT, A.C. **Desenvolvimento de uma bebida, utilizando extrato de erva-mate verde (*Ilex paraguariensis*)**. 2000. 113f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- CABRAL-MALHEIROS, G. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. 2007. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- CABRAL-MALHEIROS, G. et al. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.654-660, 2010. Available from: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n3/a491cr2141.pdf>>. Accessed: Mar. 03, 2013. doi: 10.1590/S0103-84782010005000028.
- KING, V.A.E. et al. Chlorophyll stability in spinach dehydrated by freeze-drying and controlled low-temperature vacuum dehydration. **Food Research Internacional**, v.34, p.167-175, 2001.
- LICHTENTHALER, H.K. Chloropylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, v.148, p.350-385, 1987.
- MORAWICKI, R.O. et al. Chlorophyll stability in yerba maté leaves in controlled atmospheres. **Brazilian archives of biology and technology**, v.42, n.1, p.85-90, 1999. Available from: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/v42n1/v42n1a12.pdf>>. Accessed: Mar. 03, 2013. doi: 10.1590/S1516-89131999000100012.
- ROBERTSON, G.L. **Food packaging: principles and practice**. New York: Marcel Dekker, 1993. 676p.

SANTOS, K.A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em embalagens plásticas**. 2004. 107f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Curso de Engenharia Química, Curitiba, PR.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Available from: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>. Accessed: Nov. 02, 2012.

SINGLETON, V.L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v.299, p.152-178, 1999.

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).

VALDUGA, A.T. et al. **Processamento de erva-mate**. Erechim: Edifapes, 2003. 182p.

VALDUGA, E. et al. Avaliação das características de qualidade da erva-mate (chimarrão) acondicionada em diferentes embalagens. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.2, p.99-105, 2005. Available from: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/brazilianjournal/free/p05192.pdf>. Accessed: Mar. 03, 2013.

VIEIRA, M.A. et al. Análise de compostos fenólicos, metilxantinas, tanino e atividade antioxidante de resíduo de processamento de erva-mate: uma nova fonte potencial de antioxidantes. In: INTERNATIONAL WORKSHOP – ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2009, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2009. p.1-11.

Table 1 – Hue angle, total chlorophylls concentration and total phenolic compounds in from yerba maté (“*cancheada*”) and (“*socada*”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored at 20°C in 0, 1, 3, 6 and 20.9kPa of O₂, during nine months.

Yerba maté	Oxygen (kPa)				
	Initial	20.9	Arvorezinha (RS)		
			1.0	3.0	6.0
			Hue angle (h ⁰)		
<i>Cancheada</i>	112.5	103,7Da*	109.6Aa	108.4Ba	107.2Ca
<i>Socada</i>	110.4	101,3Db	107.9Ab	106.1Bb	104.9Cb
			Total chlorophylls (µg g ⁻¹)		
<i>Cancheada</i>	2814.6	687.0Da	1010.8Aa	924.2Ba	830.5Ca
<i>Socada</i>	2789.5	560.4Bb	617.1Ab	574.2Bb	558.5Bb
			Total phenolic compounds (mg g ⁻¹)		
<i>Cancheada</i>	223.4	127.1Ca	177.9Aa	163.3Aa	137.2Ba
<i>Socada</i>	191.2	79.3Cb	99.1Ab	64.1Bb	57.8Bb
			São Mateus do Sul (PR)		
			Hue angle (h ⁰)		
<i>Cancheada</i>	114.4	104.1Da	111.3Aa	110.2Ba	108.4Ca
<i>Socada</i>	110.1	101.9Db	109.9Ab	107.5Bb	106.1Cb
			Total chlorophylls (µg g ⁻¹)		
<i>Cancheada</i>	2006.7	684.0Da	1105.7Aa	1005.1Ba	838.7Ca
<i>Socada</i>	2003.5	570.3Bb	865.1Ab	596.1Bb	564.9Bb
			Total phenolic compounds (mg g ⁻¹)		
<i>Cancheada</i>	222.5	96.2Ca	143.5Aa	139.2Aa	128.8Ba
<i>Socada</i>	165.3	57.7Cb	64.9Ab	63.4Ab	60.9Bb

*Averages followed by the same letters, capital letters in the lines and lower case letters in the columns, do not differ between each other, according to Tukey test, 5% of probability of error.

Tabela 2 – Hue angle, total chlorophylls concentration and total phenolic compounds in from to yerba maté (“*cancheada*”) and (“*socada*”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored at 20°C in 0, 3, 6 and 18 kPa of CO₂, during nine months.

Yerba maté	Carbon dioxide (kPa)				
	Initial	0	3	6	18
Arvorezinha (RS)					
	Hue angle (h ⁰)				
<i>Cancheada</i>	112.5	103.7Ba*	104.8Aa	104.8Aa	104.6Aa
<i>Socada</i>	110.4	101.3Bb	102.2Ab	102.9Ab	102.1Ab
	Total chlorophylls (µg g ⁻¹)				
<i>Cancheada</i>	2814.6	687.0Ca	847.1Aa	867.0Aa	736.4Ba
<i>Socada</i>	2789.5	677.4Ca	704.2Bb	814.0Aa	714.0Ba
	Total phenolic compounds (mg g ⁻¹)				
<i>Cancheada</i>	223.4	127.1Ba	167.2Aa	162.1Aa	164.3Aa
<i>Socada</i>	191.2	79.3Bb	107.8Ab	105.5Ab	102.9Ab
São Mateus do Sul (PR)					
	Hue angle (h ⁰)				
<i>Cancheada</i>	114.4	104.1Ba	105.7Aa	105.9Aa	105.5Aa
<i>Socada</i>	110.1	101.9Bb	102.9Ab	102.8Ab	102.9Ab
	Total chlorophylls µg g ⁻¹)				
<i>Cancheada</i>	2006.7	684.0Ca	765.3Ba	824.6Aa	723.3Ba
<i>Socada</i>	2003.5	570.3Cb	700.5Ab	751.6Ab	649.4Bb
	Total phenolic compounds (mg g ⁻¹)				
<i>Cancheada</i>	222.5	96.2Ca	146.5Aa	137.2Aa	143.8Aa
<i>Socada</i>	165.3	57.7Cb	109.2Ab	108.1Ab	106.8Ab

*Averages followed by the same letters, capital letters in the lines and lower case letters in the columns, do not differ between each other, according to Tukey test, 5% of probability of error.

Table 3 – *Pearson* correlation coefficient ($P < 0.05$) between the hue angle (h°) and total chlorophylls, to yerba maté (“*cancheada*”) and (“*socada*”) from Arvorezinha (RS) and São Mateus do Sul (PR) stored during nine months.

Oxygen (kPa)				
Arvorezinha (RS)				
Yerba maté	1	3	6	20.9
<i>Cancheada</i>	0.97	0.88	0.77	0.98
<i>Socada</i>	0.98	0.90	0.96	0.81
São Mateus do Sul (PR)				
<i>Cancheada</i>	0.94	0.60	0.92	0.88
<i>Socada</i>	0.92	0.55	0.99	0.93
Carbon dioxide (kPa)				
Arvorezinha (RS)				
	0	3	6	18
<i>Cancheada</i>	0.89	0.86	0.84	0.99
<i>Socada</i>	0.91	0.78	0.78	0.85
São Mateus do Sul (PR)				
<i>Cancheada</i>	0.88	0.97	0.99	0.88
<i>Socada</i>	0.92	0.75	0.93	0.98

3.2 Artigo 2: Effects of controlled atmosphere, form and place of cultivation on postharvest quality of Yerba mate raw material

Effects of controlled atmosphere, form and place of cultivation on postharvest quality of Yerba mate raw material

Sarah Lemos Gogo Prestes*^a, Fabio Rodrigo Thewes^b, Auri Brackmann^b

^aDepartment of Food Technology and Science, Federal University of Santa Maria, Roraima Avenue 1000, Camobi, Santa Maria 97105-900, RS, Brazil.

^bDepartment of Plant Science, Postharvest Research Center, Federal University of Santa Maria, Roraima Avenue 1000, Camobi, Santa Maria 97105-900, RS, Brazil.

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of CA storage on physical and chemical qualities of native and cultivated yerba-mate from two cities, Arvorezinha-RS and São Mateus-PR, after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Total chlorophyll concentration reduced exponentially during the storage time independently of the storage condition, form of cultivation and place that the yerba mate was cultivated, since the total carotenoid regardless of the form and place of cultivation decreased until 3 months of storage under an atmosphere of 1 kPa O₂. When stored in 3 kPa CO₂, the reduction was over 12 months of storage. Higher chlorophyll concentration was obtained on yerba mate stored under 1.0 kPa O₂. The O₂ reduction down to 1.0 kPa maintains greener color, higher chlorophyll concentration after 12 months of storage. Dioxide carbon increasing in the storage chamber increases the polyphenol concentration until six month of storage. Cultivated yerba mate has higher storage potential due to the greater chlorophyll concentration. Raw material originated from São Mateus-PR has

higher chlorophyll concentration, greener color what results in greater storage potential of this yerba mate.

Keywords: *Ilex paraguariensis*; carotenoids; polyphenol concentration; coloration; storage time.

1. Introduction

The yerba mate (*Ilex paraguariensis*) is considered a very important crop in Argentina, Paraguay, Uruguay and the southern states of Brazil (Heck & Mejia 2007; Isolabella, Cogoi, López, Anesini, Ferraro & Filip, 2010), especially due to its easy production, given the climate of this region. In Latin America, the growth of yerba mate occurs spontaneously in the nature and the plant is also cultivated by some companies. The southern states of Brazil, especially Paraná, are responsible for most of the national production of yerba mate. This high production makes Brazil one of the greatest world producers of yerba mate (Sidra, 2013). Nowadays, the production of yerba mate has being quickly diffused into the USA and European countries (Valerga, Reta & Lanari, 2012).

In the Latin-American countries previously mentioned, the yerba mate is consumed as tea and also in local drinks called “chimarão” and “tererê”. The consumption of these yerba mate infusions can help prevent atherosclerosis and coronary heart disease (Heck & Mejia, 2007; Menini, Heck, Schulze, Mejia, Gugliucci & Amenini, 2007). In addition to these healthy properties, a recent report showed that the antioxidant extracts from the yerba mate inhibited the lipid oxidation of salami (Campos, Hierro, Ordonez, Bertol, Terra & De La Hoz, 2007). This finding increased the importance of this crop even more and explains the recent increment of areas occupied by yerba mate cultivation. Nevertheless, in order to obtain the highest antioxidant level, the yerba mate must be harvested at the correct time and then stored in an appropriated condition until its processing and consumption.

Nowadays the yerba mate harvest is done throughout the year, but the appropriate harvest period is from May until September, considering the reduced storage time of the yerba mate leaves after the harvest, especially when it is done at an ambient condition. The reduced storage time, at ambient condition, occurs due to the green color change, the reduction in phenolic compounds and the chlorophyll oxidation, which also culminate in a reduction of its health benefits (Filip & Ferraro, 2003). Furthermore, when the yerba mate harvest is carried out at the incorrect time, its sensorial qualities are changed and an increase of a bitter flavor occurs. Another factor that can affect the postharvest quality is the region in which the yerba-mate was produced, whether it is native or cultivated. And recently, a research supported that the industrial processing also affects the chemical quality of the yerba mate (Isolabella et al., 2010). For this reason, it is necessary to develop technologies to maintain the postharvest quality and allow the harvest at the correct period.

One technique that may be used to prolong the postharvest quality of the yerba-mate is the controlled atmosphere (CA). The CA consists of oxygen reduction and dioxidecarbon increase in the storage environment. This technique is worldwide used to store living products, such as apples (Brackmann, Weber, Pavanello, Both & Sestari, 2009; Hoang, Golding & Wilkes, 2011; Weber, Brackmann, Anese, Both & Pavanello, 2013), pears (Larrigaudiere, Lentheric, Pintó & Vendrell, 2001; Pedreschi, Hertog, Robben, Noben & Nicolai, 2008), peaches (Girardi et al., 2005; Murray, Lucangeli, Polenta & Budde, 2007; Sestari, Giehl, Pinto & Brackmann, 2008), persimmons (Burmeister, Ball, Green & Woolf, 1997; Brackmann et al., 2004), kiwis (Antunes & Sfakiotakis, 2002; Brackmann, Weber, Both, Santos & Anese, 2012), among other fruits. However, the application of CA on a processed product, such as yerba mate, has not been tested yet. Therefore there is a need for researches that evaluate the efficiency of this technique on the maintenance of yerba-mate's

physical and chemical qualities after harvest and that also allow the harvest and processing at the correct time.

In this context, the present study evaluated the effect of CA storage on physical and chemical qualities of native and cultivated yerba-mate from two Brazilian cities, Arvorezinha-RS and São Mateus-PR, after 0, 3, 6 and 12 months of storage.

2. Material and Methods

2.1. Experimental material

The experiment was developed at the Postharvest Research Center of the Department of Plant Sciences of the Federal University of Santa Maria (UFSM). The experimental material was comprised of raw material (yerba mate) from two cities, Arvorezinha and São Mateus, located in the state of Rio Grande do Sul and Paraná, respectively. Both cities are situated in Brazil, South America. Two types of yerba mate were harvested in these two cities: native and cultivated. The yerba mate was processed and transported to the Postharvest Research Center immediately after harvest, then samples were done and the treatments were applied.

2.2.Storage conditions

The yerba mate samples were homogenized and put into experimental chambers of 230 liters that were hermetically closed. Then the following storage conditions were applied: [1] 20.9 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂ (Ambient storage); [2] 1.0 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂ and [3] 20.9 kPa O₂ + 3.0 kPa CO₂. All the storage conditions were carried out at a temperature of 20°C (±0.5).

2.3. Controlled atmosphere achievement and control

The O₂ reduction was obtained by flushing the chamber atmosphere with nitrogen until it reached the pre-established concentration and the CO₂ level was obtained by its injection from a high pressure cylinder up to the pre-established level. During the storage period, the gases partial pressures (O₂ and CO₂) were monitored and corrected once a week, using a Schele[®] analyzer.

2.4. Physical and chemical quality analysis

The quality parameters were evaluated after 0, 3, 6 and 12 months of storage. The parameters evaluated were: a) total chlorophylls; b) Total carotenoids concentration: the extraction of these compounds was made with acetone 80% (v/v). Then, the absorbance was obtained by spectrophotometry at 647, 663 and 470 nm. The concentration of chlorophylls and carotenoids was calculated according to the equations described in Lichtenthaler (1987); c) Total phenolic compounds: were determined by the Folin – Ciocalteu colorimetric method, described by Singleton, Orthofer & Lamuela- Raventós (1999); d) Yerba mate coloration: the yerba mate color was determined with a colorimeter (Minolta CR 310). Previously to the color determination, yerba mate samples were manually sieved, with the use of test strainer with an 800 µm mesh aperture, to eliminate white sticks left from the branches milling. Then the samples were stowed and compacted in Petri dishes. The color values were expressed in terms of Luminosity and Hue angle.

2.5. Statistical analysis

An analysis of variance (ANOVA) was done for all the parameters evaluated. When the ANOVA was significant the parameters were compared by Tukey's test at 5% probability

of error ($p < 0.05$). The software Sisvar and Action for Excel was used to run the statistical analysis.

3. Results

The green color of the yerba mate has a close relation with the presence of chlorophylls in its composition. On the present research the total chlorophyll concentration reduced exponentially during the storage time independently of the storage condition, form of cultivation and place in which the yerba mate was cultivated (Figure 1). Concerning the effect of the storage condition in each evaluation time, a higher chlorophyll concentration was obtained on yerba mate stored at 1.0 kPa O₂. The lower chlorophyll degradation of the yerba mate under this storage condition is related to the oxidation process, which was reduced by the low oxygen concentration in the storage environment. The uses of high dioxide carbon levels, to reduce the chlorophyll degradation, was not as efficient and it did not present any benefits in comparison to the yerba mate stored at ambient conditions, otherwise high CO₂ generally reduced chlorophyll content.

Regarding the effect of the cultivation form, native yerba mate obtained from Arvorezinha-RS showed lower chlorophyll concentration at harvest (Figure 2), whilst the raw material obtained from São Mateus-PR did not present a significant difference between cultivated and native yerba mate. No significant difference was observed after 12 months of storage, between the native and cultivated raw material originated from Arvorezinha-RS, whereas the cultivated yerba mate, obtained from São Mateus-PR, maintained a higher chlorophyll concentration in ambient storage and CA with 3.0 kPa CO₂ (Figure 2). These results suggest that the cultivated yerba mate from São Mateus-PR has a higher storage potential in relation to the native. Comparing the two cities, a noteworthy fact is that yerba

obtained from São Mateus-PR showed an equivalent or a higher chlorophyll concentration, but never lower, in relation to the yerba mate from Arvorezinha-RS (Figure 2).

Separately from the total chlorophyll concentration, the decrease of the total carotenoids concentration is described by an exponential equation for yerba mate stored in ambient conditions and in a CA with 3.0 kPa CO₂ (Figure 3). However, for yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O₂, the total carotenoids concentration is explained by a second grade equation with the concavity upwards (Figure 3). When comparing the three storage conditions, after a period of three months, the yerba mate stored at ambient conditions showed the highest carotenoids concentration, differing from the other treatments, but at six months of storage, its concentration was already higher than yerba mate stored in a CA with 3.0 kPaCO₂. After 12 months its concentration was the lowest in all the forms of cultivation for both cities, with the exception of the cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Figure 3).

No significant difference between native and cultivated yerba mate from São Mateus-PR was observed at the harvest, but when the raw material was originated from Arvorezinha-RS the native yerba mate demonstrated a higher carotenoids concentration in relation to the cultivated (Figure 4). An inverse result was observed in the yerba mate stored at ambient condition and under a CA with 1.0 kPa O₂, after three months of storage. When comparing the native yerba mate from both cities, a higher carotenoids concentration was observed in samples obtained from Arvorezinha-RS, whilst the cultivated yerba mate did not present a significant difference at harvest (Figure 4). After three months of storage in ambient conditions, native yerba mate from São Mateus-PR showed the highest carotenoids concentration, while the cultivated presented an inverse result.

Regarding the total phenolic compounds, a remarkable fact is that the dioxide carbon application increased the phenolic compounds until six months of storage and then a reduction occurs, this result is explained by a second grade equation with the concavity downwards

(Figure 5). Yerba mates stored in ambient conditions and under a CA with 1.0 kPa O₂ are represented by a second grade equation with the concavity upwards, with the exception of the cultivated yerba mate from São Mateus-PR, in which the phenolic compounds decreased linearly when stored in a CA with 1.0 kPa O₂. The yerba mate cultivated from São Mateus-PR and stored in an ambient condition did not show reduction during storage (Figure 5). Comparing the storage conditions, the samples stored in a CA with 3.0 kPa CO₂ showed higher phenolic concentration at three and six months of storage in all types of yerba mate. No considerable difference was observed between ambient storage and CA with 1.0 kPa O₂. This result suggests that the storage in low O₂ levels did not bring significant benefits to the maintenance of the phenolic compounds.

No substantial difference in phenolic compounds was verified when comparing the native and the cultivated yerba mate at the harvest from both cities (Figure 6). However, after three months of storage in ambient conditions, the raw cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS showed a higher phenolic compound. Regarding the raw material from São Mateus-PR, a similar results to yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O₂ was observed after a period of three months and an inverse result to the yerba mate stored in a CA with 3.0 kPa CO₂ (Figure 6). Native yerba mate from São Mateus-PR exhibited a greater phenolic concentration after the harvest and at three months of storage and the cultivated did not present any significant difference at harvest (figure 6). , However, after six months of storage, raw material from Arvorezinha-RS showed a higher phenolic concentration, in a CA with 1.0 kPa O₂ and 3.0 kPa CO₂, for cultivated yerba mate.

One of the main quality characteristics of the yerba mate is its coloration. The luminosity of the color increased or remained the same during the storage for all the CA treatments, form of cultivation and source of raw material (Figure 7). This fact demonstrates that during the storage time the yerba mate acquires a whiter coloration than at the harvest.

When comparing the CA storage conditions the yerba mate stored in CA with 1.0 kPa O₂ showed lower luminosity than the other treatments in almost all of the periods of evaluation proving that low oxygen levels maintain the color of the yerba mate similar to the harvest. However, CA with a high dioxide carbon level (3.0 kPa) did not preserve the original color (harvest color) and also increased the white color formation of the yerba mate stored in this CA condition (Figure 7).

When examining the native and the cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS, only one significant difference was observed at three months of storage in a CA with 1.0 kPa O₂ and 3.0 kPa CO₂: the native showed higher luminosity of color (Figure 8). Concerning the raw material obtained from São Mateus-PR, a significant difference was found only in a CA with 3.0 kPa CO₂, after six months of storage: the cultivated yerba mate exhibited higher luminosity than the native. Regarding the cities, the luminosity of color was higher in raw material, either native or cultivated, originated from Arvorezinha-RS, when a significant difference was observed (Figure 8).

The green color of the yerba mate decreased throughout the storage in all analyzed conditions (Figure 9). And the yerba mate stored in an ambient condition presented an exponential degradation of its green color during the storage. Nevertheless, the yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O₂ and 3.0 kPa CO₂ exhibited a linear decrease of its green color during the storage. These results indicated that the yerba mate stored in ambient conditions demonstrate a faster degradation of its green color in relation to the other treatments. Another noteworthy result is that the yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O₂ presented the highest green color in all evaluation times, except at harvest. Perhaps this result is related to the chlorophyll concentration, seeing that the yerba mate stored in the same CA condition also exhibited a high concentration of this plastid. The yerba mate stored in a CA with 3.0 kPa

CO₂ demonstrated an intermediate result in relation to the ambient storage and to the CA with 1.0 kPa O₂.

No significant difference was observed in any time of the evaluation when contrasting the native and the cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Figure 10). The cultivated yerba mate from São Mateus-PR presented a greener color after three months of storage under a CA with 3.0 kPa CO₂ and also after 12 months of storage in a CA with 1.0 kPa O₂. Comparing the two places from which the yerba mate was obtained, we observed that the raw material from São Mateus-PR exhibited a greener color than the one from Arvorezinha-RS. The greener color of this yerba mate is related to its higher chlorophyll concentration (Figure 2).

4. Discussion

The green color of the yerba mate is due to the presence of chlorophylls (Cabral-Malheiros, Hecktheuer, Canto & Balsamo, 2010). The present study proved that the chlorophyll concentration decreases exponentially during the storage time, congruently to what has been shown by other researches (Steet & Tong, 1996; Morawicki, Schmalko & Kanzig, 1999; Cabral-Malheiros et al., 2010). However, during the storage, the yerba mate's green coloration does not follow this behavior observed in the chlorophyll concentration, with the exception of the raw material stored in ambient conditions. Perhaps, this result is related to the different means by which the chlorophyll is degraded. The exchange of Mg⁺² by a hydrogen molecule in the chlorophyll molecule results in the formation of pheophytin (Langmeier, Ginsburg & Matile, 1993; Ahmed, Shivhare & Debnath, 2002). The pheophytin changes the yerba mate color from a brilliant green to an olive green color. This alteration may occur during the processing and storage of the yerba mate (Schwartz & Lorenzo, 1990; Heaton, 1996) and also is the fastest reaction, being considered the most important pathway

for chlorophyll degradation during these steps (Martins & Silva, 2002; Streit, Canterle, Canto & Hecktheuer, 2005). Nevertheless, there is another significant pathway for chlorophyll degradation on yerba mate, in which phytol is removed from the chlorophyll molecule and then Mg^{+2} is removed from the center of the porphyrin molecule, resulting in the formation of a molecule called Pheophorbide, which exhibits a greenish-brown coloration. This Pheophorbide molecule is the last green colored compound formed during this mean of chlorophyll degradation (Thomas, Ougham & Hörtensteiner, 2001). Posteriorly, the Pheophorbide is transformed into colorless products and the appearance of associated pigments, such as carotenoids, occurs (Streit et al., 2005). Thus, it can be inferred that yerba mate stored in ambient conditions followed the first way due the fastest chlorophyll degradation and yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O_2 and a CA with 3.0 kPa CO_2 the second way cited previously. Another research suggests that yerba mate stored in ambient conditions can be a favorable environment for the development of enzymatic darkness (Cabral-Malheiros et al., 2010). However on the present study, an opposite result was obtained, considering that the luminosity of color increased during the storage time and a whiter coloration was obtained after 12 months of storage in relation to harvest. The increase of the luminosity during the storage is possibly related to the increase of colorless products, generated by the chlorophyll degradation.

According to the studies previously cited, the chlorophyll degradation allows the appearance of some associated pigments, such as carotenoids. This molecule is an important fraction of the antioxidant capacity of the yerba mate and is essential to prevent the oxidative process and human diseases, such as cancer (Shami & Moreira, 2004; Candelas, Alanís, Bautista, Del Río & García, 2005; Zeb & Murkovic, 2011). It was pointed out in the present study that the low oxygen level in the storage chamber preserves the carotenoid concentration after 12 months of storage. This fact is probably related to the oxygen concentration, since

the yerba mate stored in CA with 3.0 kPa CO₂ and the oxygen level at the storage ambient was 20,9 kPa. This fact may have increased the oxidation process in the yerba mate submitted to these treatments and decreased the carotenoids concentration. The main degradation pathway of dried vegetables is: lipid oxidation, non-enzymatic darkness, chlorophyll and carotenoids oxidation (Streit et al., 2005; Campos, Hierro, Ordonez, Bertol, Terra & De La Hoz, 2007). These results suggest that yerba mate stored in a CA with 1.0 kPa O₂ brings more benefits to human health than those stored in the other conditions, since carotenoids can be effective antioxidants and maintain one's health (Woodall, Lee, Weesie, Jackson & Britton, 1997).

Previous researches suggest that the antioxidant activity of the yerba mate increases and has a positive relationship with the total polyphenol concentration (Heck, Schmalko & González de Mejia, 2008; Valerga et al., 2012). Among the total phenolic compounds, quercetin is the greatest contributor of the yerba mate leaves antioxidant activity (Valerga et al., 2012). Studies previously conducted have demonstrated that a significant increase in polyphenol concentration occurs with the process of "sapeco", that is, a heat treatment of the green leaves (Isolabella et al., 2010; Valerga et al., 2012). The present study demonstrates that the yerba mate stored in high dioxide carbon levels suffers an increase of phenolic compounds of the raw material after harvest. Perhaps, the increase in phenolic compounds is related to the formation of secondary compounds, since the polyphenol compounds are a type of secondary metabolites (Ross & Kasum, 2002). Among these secondary metabolites are the phenolic acids, tannins, proteins, alkaloids.

5. Conclusions

The O₂ reduction down to 1.0 kPa maintains a greener color and a higher chlorophyll concentration after 12 months of storage of yerba mate. The increase of dioxide carbon in the

storage chamber increases the polyphenol concentration until six months of storage. Further studies should associate low oxygen and high dioxide carbon levels.

Chlorophyll degradation decreased exponentially during the storage, but the green color did not present the same behavior, demonstrating different pathways for chlorophyll degradation and that color is influenced by other compounds.

Cultivated yerba mate presented a higher storage potential due to its greater chlorophyll concentration.

The raw material obtained from São Mateus-PR presented a higher chlorophyll concentration and greener color, which maintain a greater storage potential of this yerba mate.

6. References

- Ahmed, J., Shivhare, U.S., & Debnath, S. (2002). Colour degradation and rheology of green chilli puree during thermal processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 57–63.
- Antunes, M.D.C., & Sfakiotakis, E.M. (2002). Ethylene biosynthesis and ripening behavior of ‘Hayward’ kiwifruit subjected to some controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 167-179.
- Brackmann, A., Freitas, S.T., Giehl, R.F.H., Mello, A.M., Benedetti, M., Oliveira, V.R., & Guarienti, A.J.W. (2004). Regimes de atmosfera controlada para o armazenamento de caqui ‘Kyoto’. *Ciência Rural*, 34, 1607-1609.
- Brackmann, A., Weber, A., Pavanello, E., Both, V., & Sestari, I. (2009). Armazenamento em atmosfera controlada de maçãs mutantes da cultivar Gala. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 34, 136-143.

- Brackmann, A., Weber, A., Both, V., Santos, J.R.A., & Anese, R.O (2012). Armazenamento de kiwi cv. Elmwood em atmosfera controlada e manejo do etileno. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 11, 99-105.
- Burmeister, D.M., Ball, S., Green, S., & Woolf, A.B. (1997). Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu' persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 71–81.
- Cabral-Malheiros., Hecktheuer, L.H.R., Canto, M.W., & Balsamo, G.M. (2010). O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. *Ciência Rural*, 40, 654-660.
- Campos, R.M.L., Hierro, E., Ordonez, J.A., Bertol, T.M., Terra, N.N., & De La Hoz, L. (2007). Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. *Food Chemistry*, 40, 393-405.
- Candelas, M. G., Alanís, M. G., Bautista, M., Del Río, F. Y., & García, C. (2005). Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersion. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4, 299-307.
- Felip, R., & Ferraro, G.E. (2003). Researching on new species of "Mate" *Ilex brevicuspis* phytochemical and pharmacology study. *European Journal of Nutrition*, 42,50-54.
- Girardi, C.L., Corrent, A.R., Lucchetta, L., Zanuzo, M.R., Costa, T.S., Brackmann, A., Twyman, R.M., Nora, F.R., Nora, L., Silva, J.A., & Rombaldi, C.V. (2005). Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere storage on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunuspersica* cv. Chiripá) during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 25-33.
- Heaton, J.W. (1996). Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44, 399-402.

- Heck, C.I., & Mejia, E.G. (2007). Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, healthy implications, and technological considerations. *Journal of Food Science*, 72, 138-151.
- Heck, C., Schmalko, M., & González de Mejia, E. (2008). Effect of growing and drying conditions on the phenolic composition of mate teas (*Ilex paraguariensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8394-8403.
- Hoang, N.T.T., Golding, J.B., & Wilkes, M.A. (2011). The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 127, 1249-1256.
- Isolabella, S., Cogoi, L., López, P., Anesini, C., Ferraro, G., & Filip, R. (2010). Study of the bioactive compounds variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing. *Food Chemistry*, 122, 695-699.
- Martins, R.C., & Silva, C.L.M. (2002). Modelling colour and chlorophyll losses of frozen green beans (*Phaseolus vulgaris*. L.). *International Journal of Refrigeration*, 25, 966-974.
- Menini, T., Heck, C., Schulze, J., Mejia, E., Gugliucci, A. & Amenini, T. (2007). Protective action of *Ilex paraguariensis* extract against free radical inactivation of Paraoxonase-1 in High-Density Lipoprotein. *Planta Medicinal*, 73, 1141-1147.
- Morawicki, R.O., Schmalko, M.E., & Kanzig, R.G. (1999). Chlorophyll stability in yerba mate leaves in controlled atmospheres. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42, 85-90.
- Murray, R., Lucangeli, C., Polenta, G., & Budde, C. (2007). Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of 'Flavorcrest' peach. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 116-121.

- Langmeier, M., Ginsburg, S., & Matile, P. (1993). Chlorophyll breakdown in senescent leaves, demonstration of Mg-dechelataze activity. *Physiology Plant*, 89, 347-353.
- Larrigaudiere, C., Lenthéric, I., Pintó, E., & Vendrell, M. (2001). Short-term effects of air and controlled atmosphere storage on antioxidant metabolism in conference pears. *Journal of Plant Physiology*, 158, 1015-1022.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymology*, 148, 350-385.
- Pedreschi, R., Hertog, M., Robben, J., Noben, J., & Nicolai, B. (2008). Physiological implications of controlled atmosphere storage of 'Conference' pears (*Pyrus communis* L.): a proteomic approach. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 110-116.
- Ross, J.A., & Kasum, C.M. (2002). Dietary flavonoids: Bioavailability, Metabolic effects, and Safety. *Annual Review of Nutrition*, 22, 19-34.
- Schwartz, S.J., & Lorenzo, T.V. (1990). Chlorophylls in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29, 1-17.
- Sestari, I., Giehl, R.F.H., Pinto, J.A.V., & Brackmann, A. (2008). Condições de atmosfera controlada para pêssegos "Maciel" colhidos em dois estádios de maturação. *Ciência Rural*, 38,1240-1245.
- Shami, N.J.I.E., & Mereira, E.A.M. (2004). Licopeno uma agente antioxidante. *Revista Nutrição*, 17, 227-236.
- Sidra. (2012). Sistema Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Recuperação Automática. URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp> Accessed 02.11.13.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299,152-178.

- Steet, J.A., & Tong, C.H. (1996). Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food Science*, 61, 924-931.
- Streit, N.M., Canterle, L.P., Canto, M.W., & Hecktheuer, L.H.H. (2005). As clorofilas. *Ciência Rural*, 35, 748-755.
- Thomas, H., Ougham, H., & Hörtensteiner, S. (2001). Recent advances in the cell biology of chlorophyll catabolism. *Advances in Botanical Research*, 35,1-52.
- Valerga, J., Reta, M., & Lanari, M.C. (2012). Polyphenol input to the antioxidant activity of yerba mate (*Ylex paraguariensis*) extracts. *Food Science and Technology*, 45, 28-35.
- Weber, A., Brackmann, A., Anese, R.O., Both, V., & Pavanello, E.P. (2013). Atmosfera controlada para o armazenamento de maçãs 'Maxi Gala'. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 294-301.
- Woodall, A.A., Lee, S.W., Weesie, R.J., Jackson, M.J., & Britton, G. (1997). Oxidation of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity. *Biochimica Biophys Acta*, 1336, 33-42.
- Zeb, A., & Murkovic, M. (2011). Carotenoids and triacylglycerols interactions during thermal oxidation of refined olive oil. *Food Chemistry*, 127, 1584-1593.

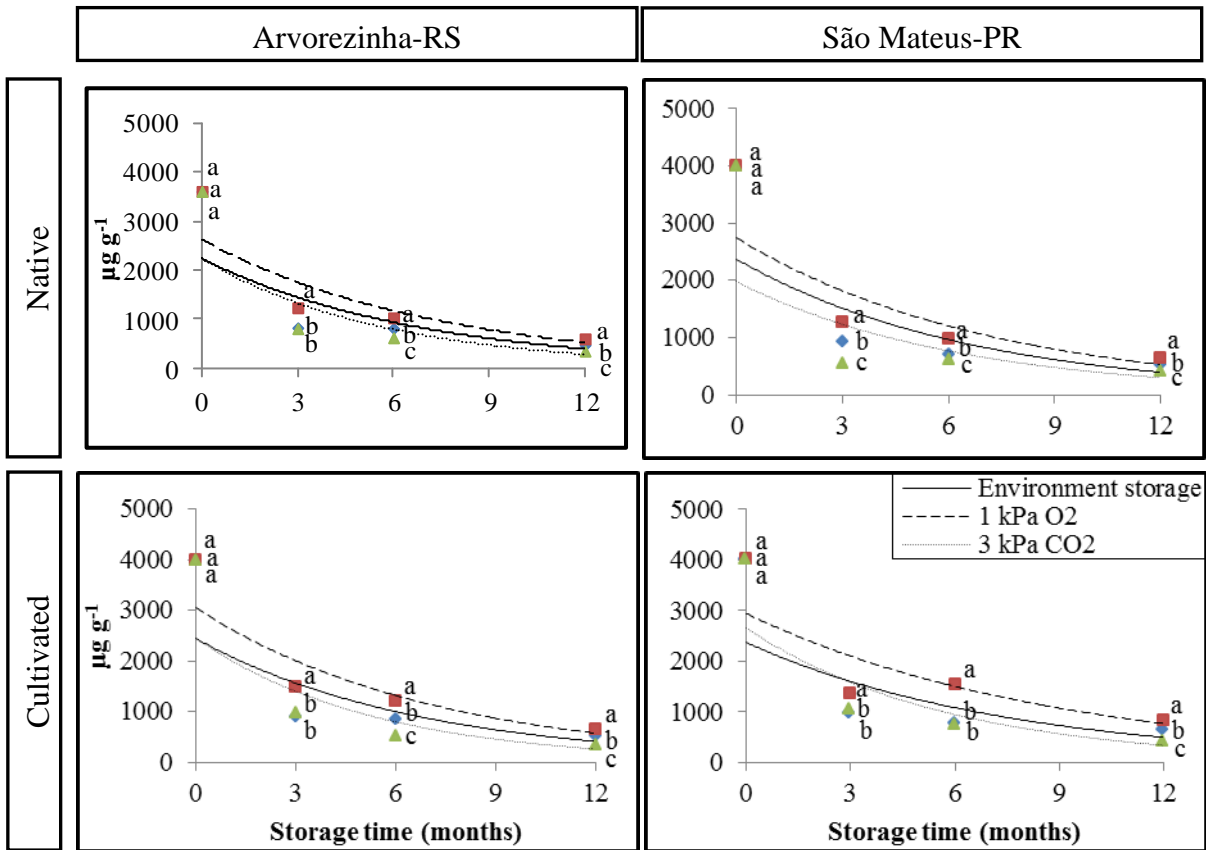


Figure 1: Total chlorophylls concentration in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Means were submitted to regression analysis to verify the storage time effect. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

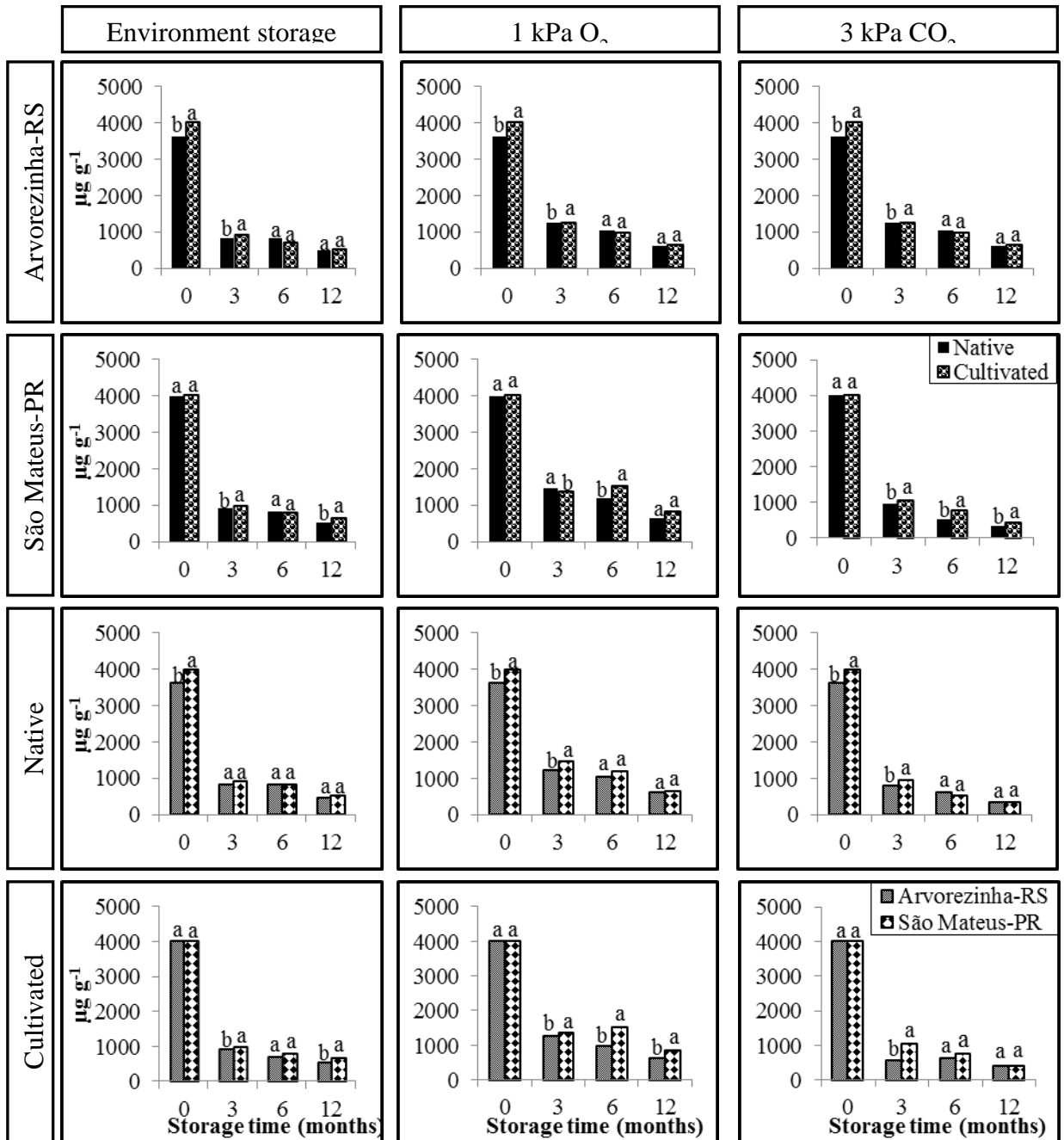


Figure 2: Comparison of total chlorophyll concentration between native and cultivated Harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

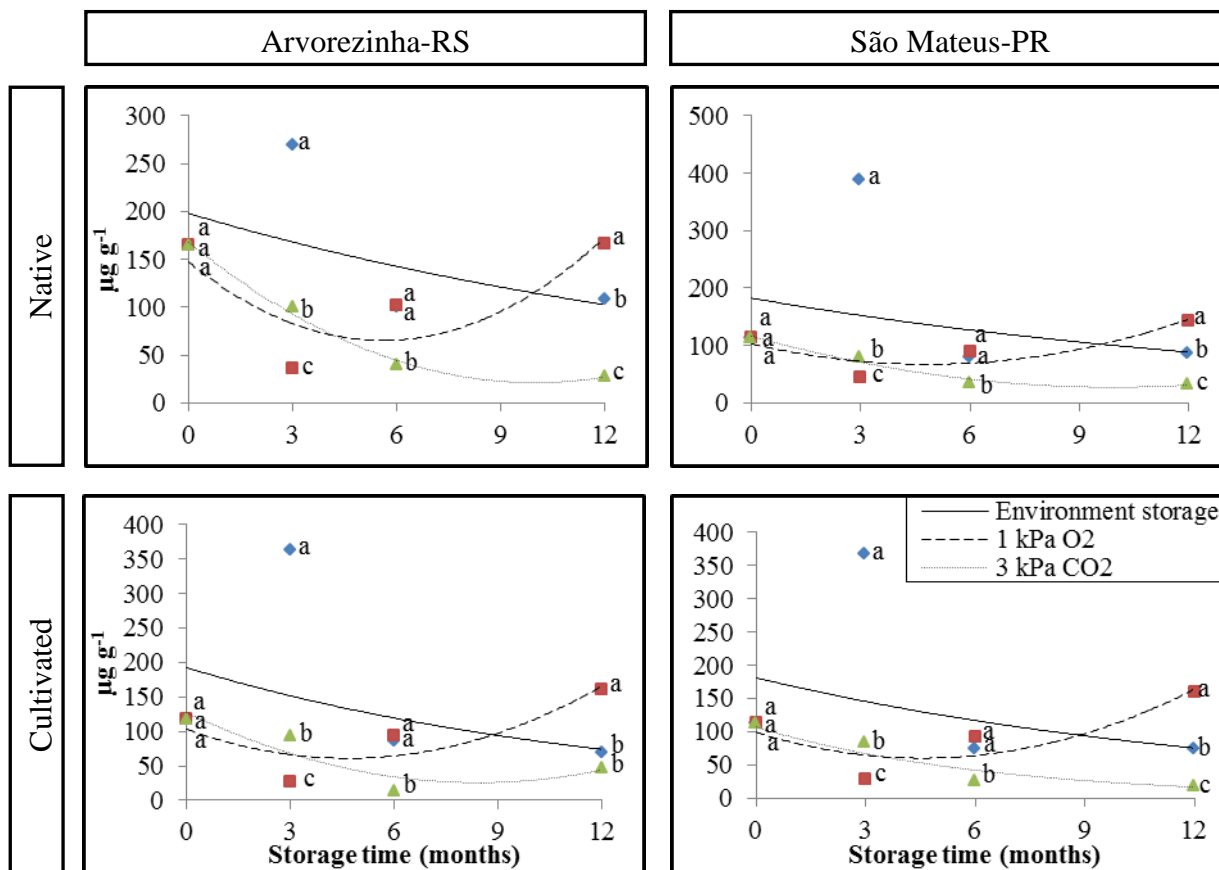


Figure 3: Total carotens concentration in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Means were submitted to regression analysis to verify the storage time effect. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

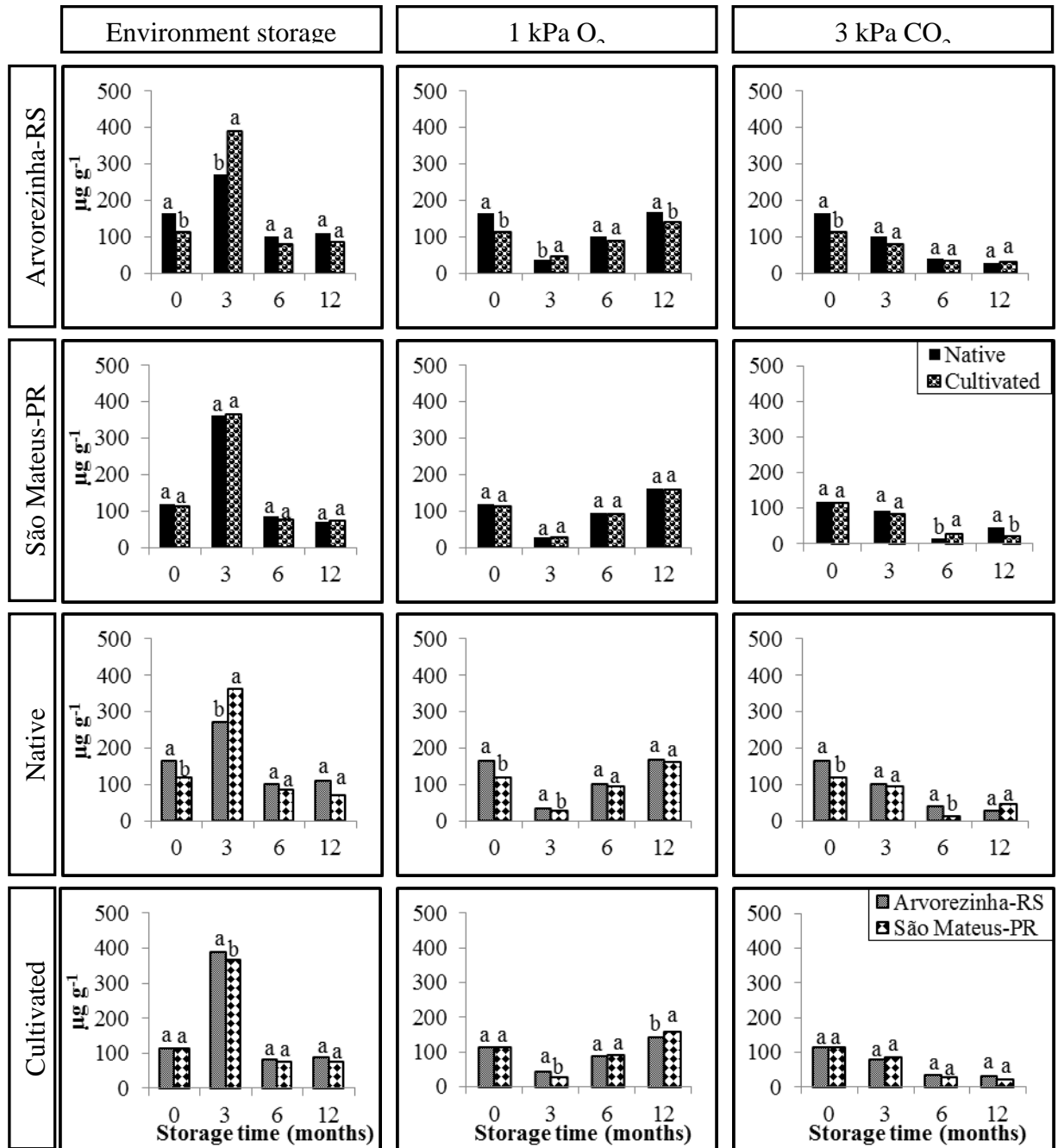


Figure 4: Comparison of total carotens concentration between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

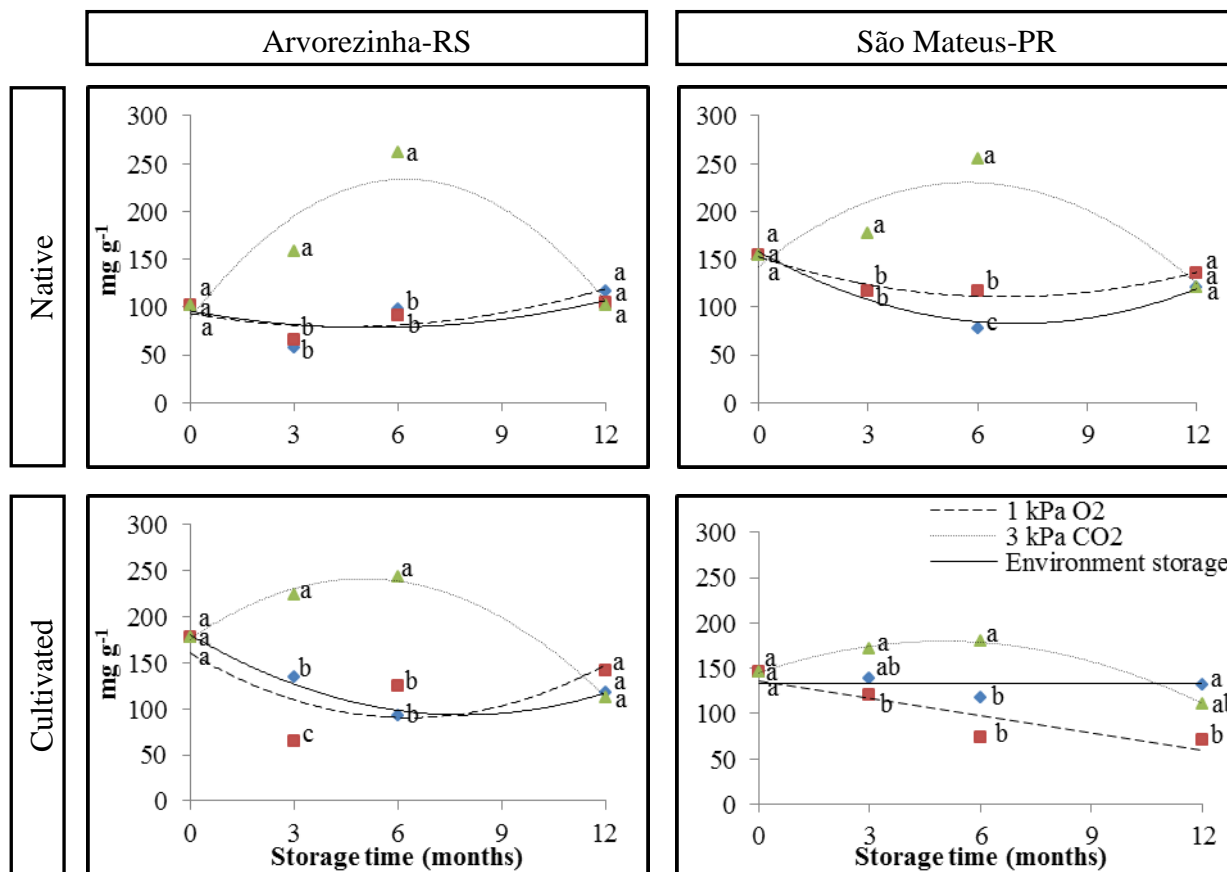


Figure 5: Total phenolic compounds in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Means were submitted to regression analysis to verify the storage time effect. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

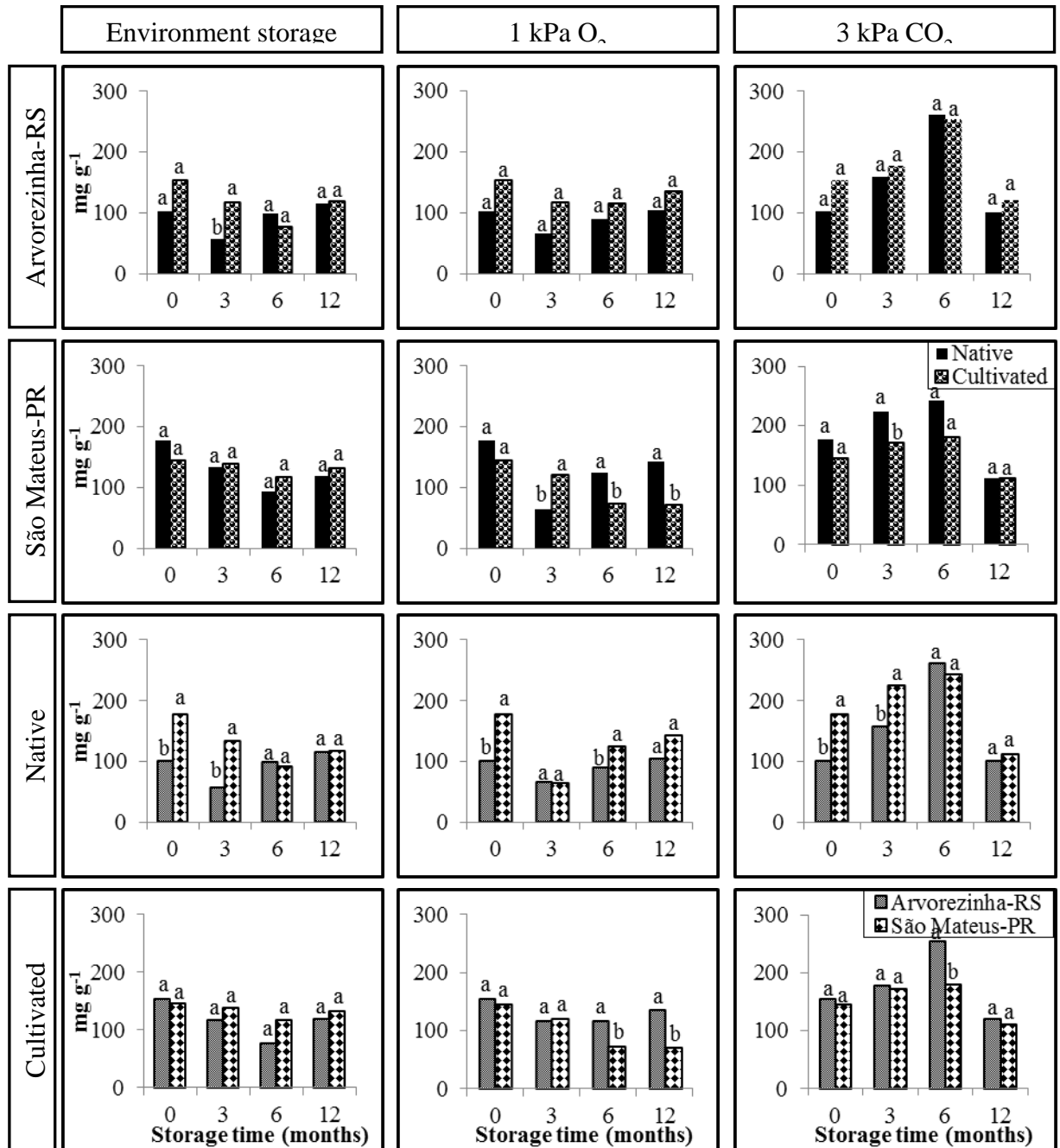


Figure 6: Comparison of total phenolic compounds between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

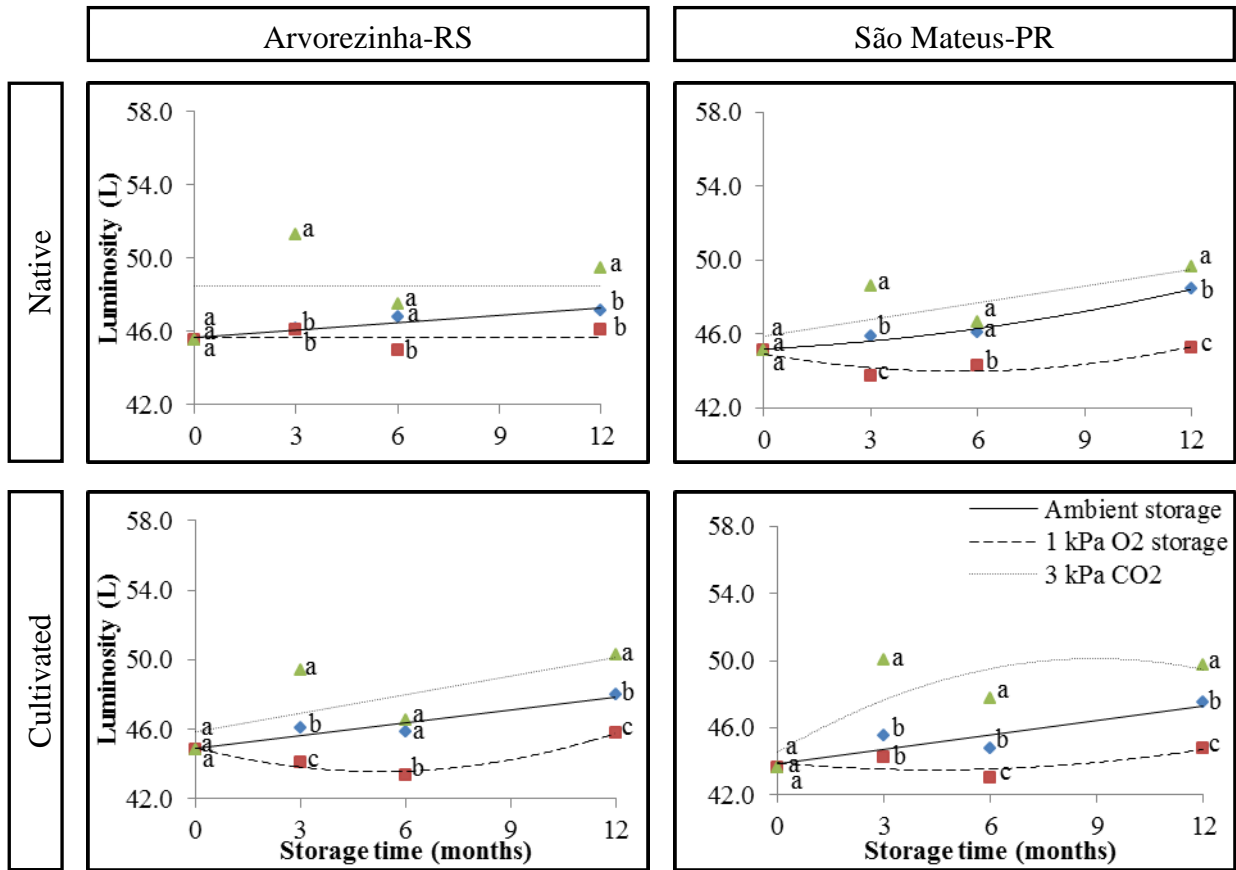


Figure 7: Luminosity of color in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3,6 and 12 months of storage. Means were submitted to regression analysis to verify the storage time effect. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

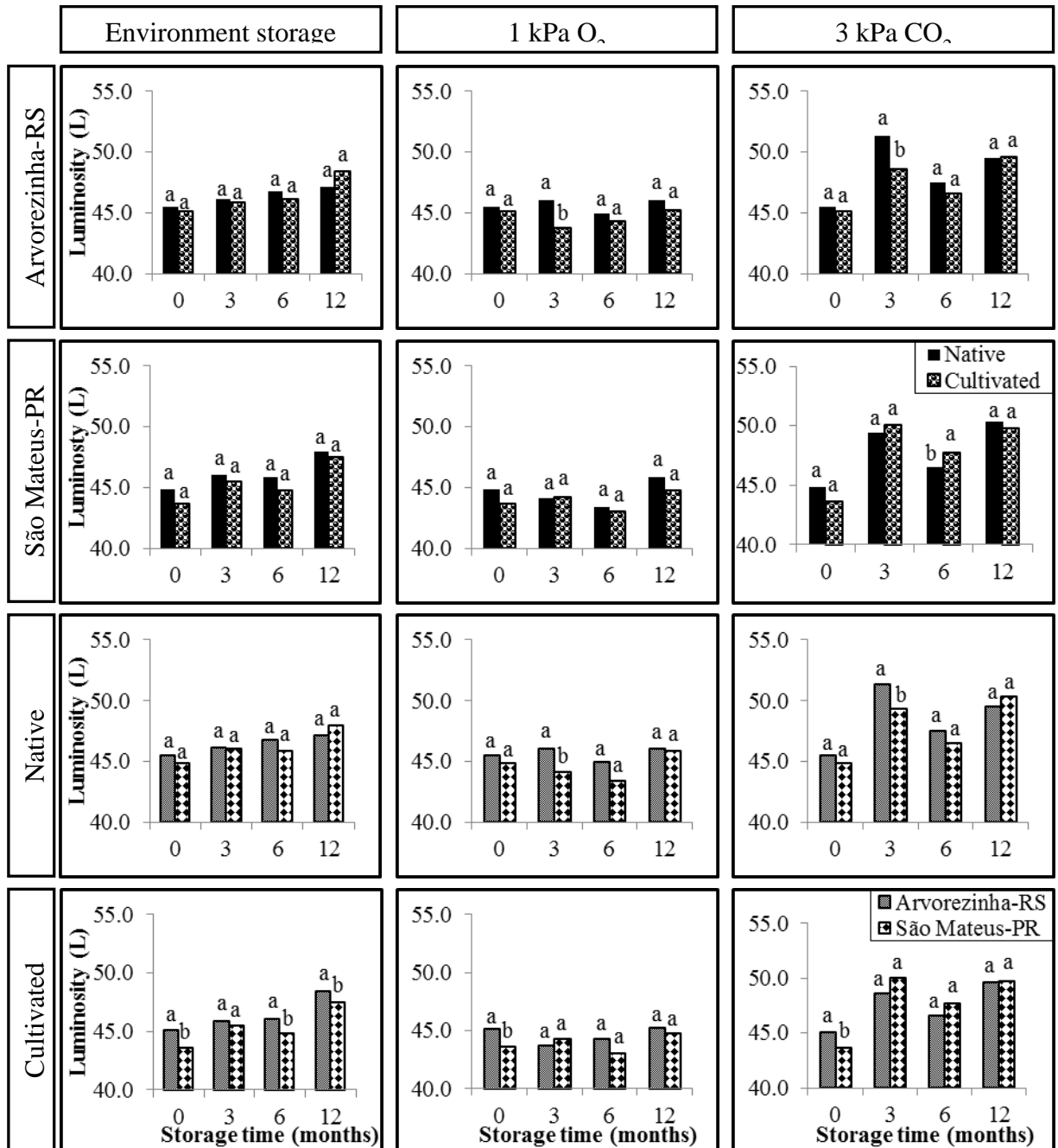


Figure 8: Comparison of Luminosity of color between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

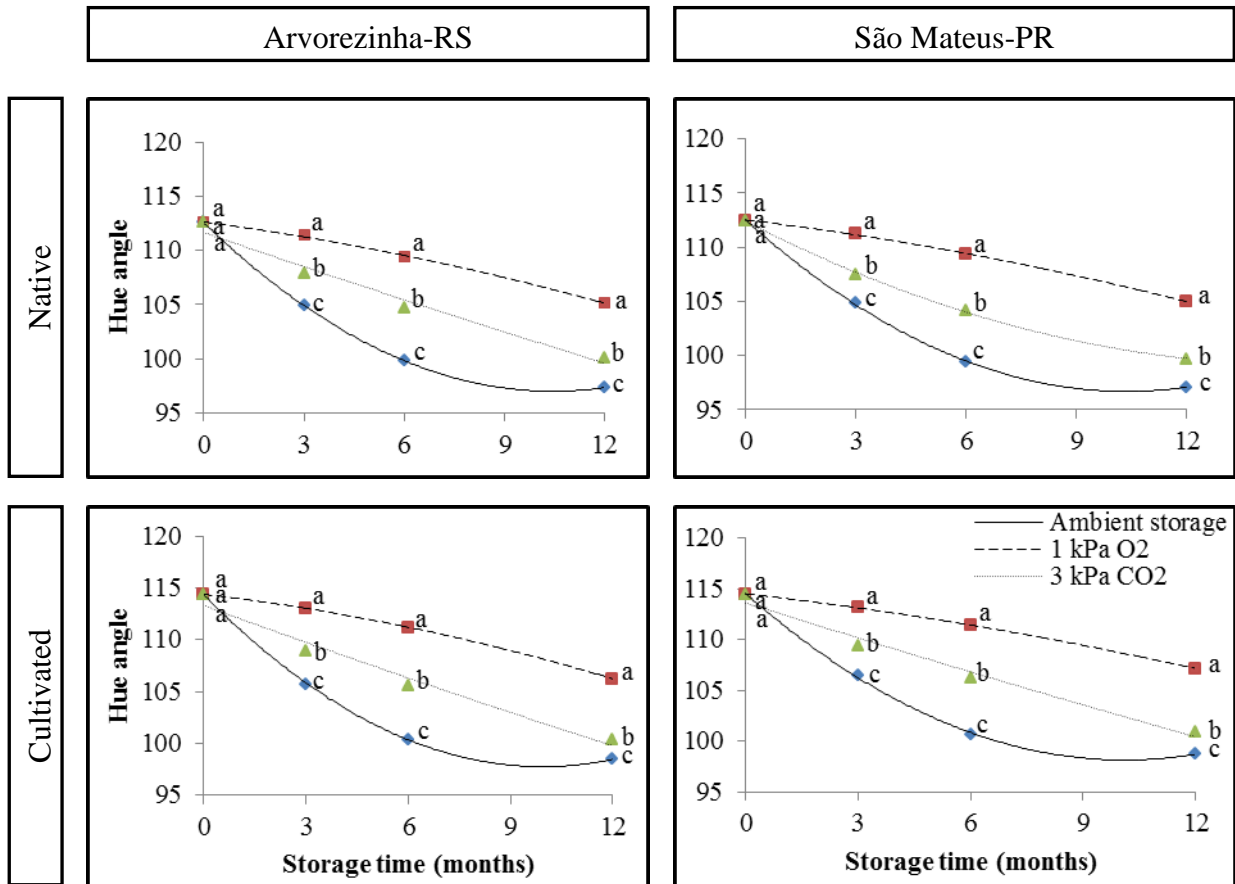


Figure 9: Hue angle of color in native and cultivated yerba mate from Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Means were submitted to regression analysis to verify the storage time effect. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

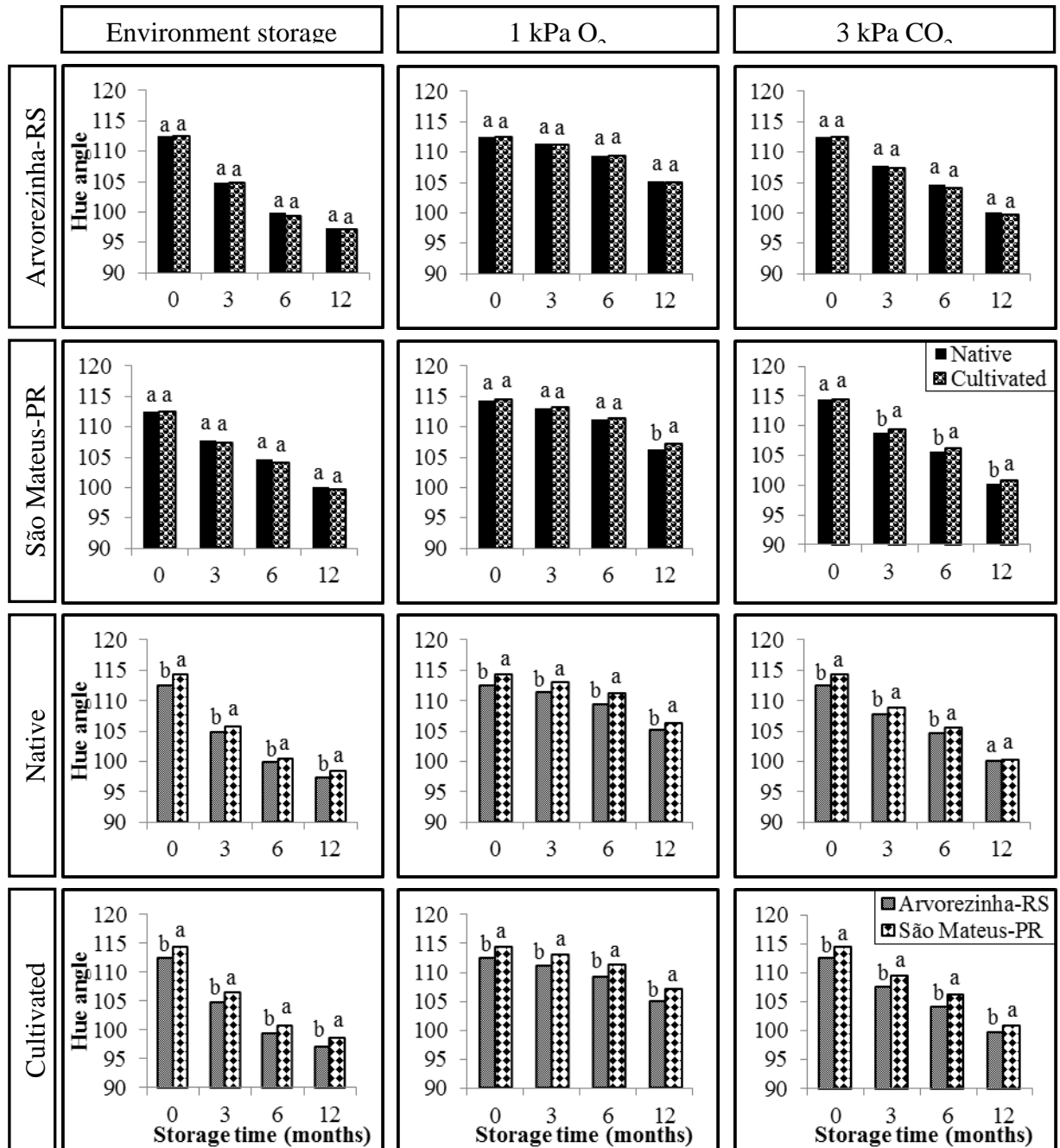


Figure 10: Comparison of hue angle of color between native and cultivated harvested in Arvorezinha-RS (Brazil) and São Mateus do Sul-PR (Brazil) in each storage condition after 0, 3, 6 and 12 months of storage. Averages followed by same letters in the same time of evaluation do not differ by Tukey test at 5% of error.

3.3 Artigo 3: Condições de armazenamento nas características de qualidade de erva-mate

Condições de armazenamento nas características de qualidade de erva-mate

Storage conditions on the quality characteristics of yerba maté

Sarah Lemos Cogo Prestes, Fabio Rodrigo Thewes, Altair Peiter, Auri Brackmann

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da atmosfera controlada na alteração da cor, degradação da clorofila, concentração de compostos fenólicos, formação de espuma, contagem de bolores e leveduras e sabor em erva-mate nativa e cultivada. Amostras de erva-mate provenientes de São Mateus do Sul (PR) foram armazenadas em atmosfera contendo: [1] 20,9 O₂+0,03 CO₂, [2] 0,5 O₂+0,03 CO₂, [3] 1,0 O₂+0,03 CO₂, [4] 1,0 O₂+3,0 CO₂, [5] 1,0 O₂+18 CO₂, as quais foram analisadas ao final de seis meses de armazenamento. Segundo os resultados, a redução das pressões parciais de O₂ e o aumento das pressões parciais de CO₂ reduziram a perda da coloração verde, manteve maior teor de clorofilas, de compostos fenólicos totais e de espuma. A condição 0,5 O₂+0,03 CO₂ manteve a erva-mate mais verde, maior teor de clorofilas e compostos fenólicos totais após seis meses de armazenamento. Quanto à formação de espuma, a atmosfera controlada apresentou efeito positivo na sua manutenção. A erva-mate nativa apresentou uma maior preservação da cor verde do que a erva-mate cultivada. Não houve aumento das contagens de bolores e leveduras na erva-mate nas condições de armazenamento em AC. A erva-mate, indiferente do tipo, armazenada a 1,0 O₂+0,03 CO₂ foi a selecionada sensorialmente como a mais amarga e erva-mate armazenada a 20,9 O₂+0,03 CO₂ como a menos amarga, no entanto a preferida foi a erva-mate armazenada a 0,5 O₂+0,03 CO₂.

Palavras chaves: Cor, compostos fenólicos, espuma, bolores e leveduras e sabor.

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the effect of controlled atmosphere (CA) storage conditions on color change, chlorophyll degradation, phenolic compounds concentration, foam formation, presence of molds and flavor of native and cultivated types of yerba mate. Samples of

yerba mate from São Mateus do Sul, PR, Brazil were stored during 6 months under following controlled atmosphere conditions: [1] 20.9 O₂+0.03 CO₂ (air), [2] 0.5 O₂+0.03 CO₂, [3] 1.0 O₂+0.03 CO₂, [4] 1.0 O₂+3.0 CO₂, [5] 1.0 O₂+18 CO₂. According to the results O₂ partial pressure reduction and the elevation of CO₂ reduced the green color loss, maintained higher chlorophyll and phenolic compounds concentrations, besides higher foam formation. CA condition with 0.5 kPa O₂+0.03 kPa CO₂ maintained the yerba mate greener, with higher chlorophyll and phenolic compounds concentrations after 6 months of storage. Yerba mate stored in CA also produced more foam. The native type showed higher green color preservation in relation to the cultivated after the storage period. Samples stored in air showed the presence of molds but in CA there was no occurrence. Yerba mate, independently of type, stored in 1.0 kPa O₂+0.03 kPa CO₂ was selected in a sensorial panel as the most bitter and under air conditions (20.9 kPa O₂+0.03 kPa CO₂) as the lesser bitter, however, the most preferred yerba mate was native type stored under 0.5 O₂ kPa+0.03 kPa CO₂.

Key words: Color, phenolic compounds, foam, molds, yeast, flavor.

Introdução

A erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) é uma cultura economicamente importante em países da América do Sul. Sua ocorrência pode ser natural ou cultivada nas regiões do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Os ervais nativos são aqueles formados e mantidos pela natureza. A erva-mate cultivada é considerada mais amarga do que a nativa. No Brasil, a maior parte da erva-mate extraída provém de ervais nativos (MACCARI JÚNIOR et al., 2006; VIEIRA et al., 2008).

Folhas secas e moídas de *Ilex paraguariensis* são usadas no preparo de uma bebida peculiar, consumida por parte da população da América do Sul. Nos países onde é consumida recebe diferentes denominações, sendo “chimarrão” no sul do Brasil, “mate” na Argentina e Uruguai e “tererê” no Paraguai (BRACESCO et al., 2010). Estudos com a erva-mate têm revelado diversas propriedades nutritivas, fisiológicas e medicinais do produto, o que pode conferir grande potencial de aproveitamento para o mate. Análises químicas da erva-mate mostram a presença de sais minerais, saponinas triterpênicas, alcaloides (metilxantinas como cafeína, teobromina e teofilina), açúcares e compostos fenólicos (SANTOS, 2004).

A variação da composição química da erva-mate pode ser associada a fatores climáticos, solo, variedade, sazonalidade, idade das folhas, processamento e a parte da planta utilizada (folhas e ramos). As folhas da erva-mate são utilizadas na elaboração de produtos processados devido ao seu reconhecido conteúdo de nutrientes quando comparado com os ramos da planta (BERTÉ, 2011).

A cor da erva-mate é o primeiro parâmetro de qualidade avaliado pelos consumidores para a aceitação do produto. Na Argentina existe a preferência pela erva-mate de cor amarelo dourada a

verde clara, enquanto no Brasil há preferência pela cor verde brilhante (VALDUGA et al., 2005). No entanto, um dos maiores desafios do setor ervateiro é a instabilidade da cor verde-brilhante durante a armazenagem da erva-mate (SANTOS, 2004). O sabor amargo característico do chimarrão também é verificado pelos consumidores. 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). A produção de espuma também é apreciada pelo consumidor de erva-mate (HECK; MEJIA, 2007).

O desenvolvimento de micro-organismos no armazenamento de erva-mate é outro fator que reduz o período de conservação. Após a colheita a erva-mate é armazenada em grande quantidade em depósitos como armazéns, barracões, gerando um habitat propício para o crescimento de diversos micro-organismos, especialmente fungos (RENOVATTO; AGOSTINI, 2008). Assim, o uso de atmosfera controlada poderia inibir o desenvolvimento microbiano pela redução nas pressões parciais de O₂ e o aumento das de CO₂. Além disso, em condições ambientais a erva-mate não pode ser conservada por mais de trinta dias sem grandes perdas de qualidade, em função da umidade e da presença de oxigênio, o qual causa uma oxidação rápida da clorofila conferindo a erva uma coloração amarela ou marrom-escura e alterando o sabor do chimarrão (TEXEIRA NETO, 1999).

O uso da atmosfera controlada pode ser uma alternativa no controle da qualidade e durabilidade da erva-mate durante o armazenamento. Porém, não há informações da literatura referentes a esta tecnologia de armazenamento e seu impacto na qualidade da erva-mate. Já em frutos, como a maçã, a atmosfera controlada (AC) traz inúmeros benefícios, permitindo um maior período de armazenamento que pode chegar até nove meses (BRACKMANN et al., 2003).

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de condições de armazenamento em atmosfera controlada (AC) na qualidade da erva-mate nativa e cultivada após seis meses de armazenamento em temperatura ambiente.

Material e Métodos

Material

A matéria-prima utilizada foi a erva-mate nativa e cultivada proveniente dos ervais de São Mateus do Sul (PR). A erva-mate foi colhida em julho de 2013, sendo que entre a colheita e a elaboração da erva-mate foram transcorridos no máximo 15 dias, de modo a garantir um produto de qualidade. Posteriormente, as folhas foram submetidas ao processamento industrial padrão de secagem e moagem para obter a erva-mate em pó, tipo chimarrão na empresa Vier de Santa Rosa (RS). Após o processamento da erva-mate, esta foi transportada até o Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do

Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde em agosto de 2013 instalou-se o experimento. No mesmo dia, uma parte das amostras foi destinada para a armazenagem e outra para a realização imediata das análises iniciais. Esta fração da amostra foi considerada como tempo zero de armazenagem.

Armazenamento

As amostras foram armazenadas durante seis meses em minicâmaras experimentais herméticas de atmosfera controlada, com volume de 20 litros. As minicâmaras permaneceram no interior de uma câmara frigorífica na temperatura de $20 \pm 0,2$ °C. As condições de armazenamento foram as seguintes: [1] 20,9 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂ (ar ambiente) [2] 0,5 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂; [3] 1,0 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂; [4] 1,0 kPa O₂ + 3,0 kPa CO₂; [5] 1,0 kPa O₂ + 18,0 kPa CO₂. Para obtenção das pressões parciais desejadas dos gases foram realizados os seguintes procedimentos: 1) redução dos níveis de O₂ de 20,9 para a condição pré-estabelecida para cada tratamento. Para tanto, foi realizada uma varredura da minicâmara com nitrogênio para retirar o excesso de O₂. O nitrogênio foi gerado por um equipamento que utiliza o sistema PSA (*Pressure Swing Adsorption*). 2) aumento das pressões parciais de CO₂: para tanto foi injetado CO₂ de um cilindro de alta pressão até o nível desejado na minicâmara. A medição e correção das pressões parciais de O₂ e CO₂ nas minicâmaras foram efetuadas manualmente com o auxílio de um analisador de gases da marca Schele[®].

Avaliações físico-químicas

Para determinar a cor da erva-mate utilizou-se colorímetro Minolta CR 310, operando no sistema CIELAB. Previamente às determinações de cor, as amostras de erva-mate foram peneiradas manualmente, com uso de peneira de ensaio com abertura de malha de 800 µm para eliminação dos palitos brancos provenientes da moagem dos ramos, acondicionadas e compactadas em placas de Petri, onde posteriormente procedeu-se a determinação da cor das amostras em triplicata.

As clorofilas totais foram avaliadas conforme método descrito por Lichtenthaler (1987) e os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método colorimétrico de Folin – Ciocalteu, descrito por Singleton et al. (1999).

Análise da formação de espuma

A formação de espuma foi determinada num equipamento desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa

Maria (UFSM). Um reservatório de água isolado termicamente de 5 litros com aquecimento por resistência elétrica e dotado de um termostato, para controle da temperatura da água em 75 °C e de um manômetro que manteve a pressão interna do reservatório de água em 1,5 m de coluna de água (0,145 atm). A amostra de erva-mate (1g) foi peneirada com uso de peneira de ensaio com abertura de malha de 800 µm e colocada em tubo de ensaio com 15 mm de diâmetro. Posteriormente, a amostra de erva-mate foi submetida a um jato de água de 10 ml na temperatura e pressão descritas acima. Após 5 segundos, procedeu-se a medida da altura da espuma formada no tubo, quantificada em mm.

Análise microbiológica

As técnicas utilizadas na coleta, preparo das amostras e contagem-padrão em placas de fungos e leveduras obedeceram à metodologia descrita por Silva et al. (1997). A identificação das diferentes espécies fúngicas, foi realizada através das características macroscópicas e microscópicas das colônias.

Análise sensorial

Teste de Ordenação de diferença, segundo a norma ABNT 13170 (1994), foi utilizado para avaliação sensorial, sendo apresentadas aos provadores cinco amostras de cada tratamento por sessão. Cada sessão era composta por 2 provadores, sendo que foram realizadas 11 sessões para cada tipo de erva, totalizando 22 provadores para a erva-mate nativa e 22 provadores para a erva-mate cultivada. Para o sabor foram utilizadas cuias de cerâmica com capacidade de 350 ml e bombas de inox de modo a evitar interferência no sabor das mesmas, sendo a identificação das ervas feita com numeração aleatória de três dígitos. O chimarrão foi preparado de maneira usual sempre pela mesma pessoa, sendo que a cada sessão um novo chimarrão era preparado. A temperatura da água utilizada no preparo do chimarrão foi de 75°C, a fim de simular a mesma temperatura da análise de formação de espuma, determinada com termômetro de mercúrio. Foi solicitado aos provadores que ordenassem as amostras codificadas, em ordem crescente de sabor amargo, ou seja, da menos amarga para a mais amarga. Ao final do teste de ordenação, foi solicitado aos provadores a escolherem a amostra preferida. Os resultados dos testes foram analisados estatisticamente por meio do teste de Friedman, utilizando-se as tabelas de Newell e Mac Farlane.

Na seleção dos provadores, foram considerados os seguintes pré-requisitos: a) gosta da bebida; b) está habituado a bebida há pelo menos dois anos; c) ingere a bebida pelo menos 1 vez ao dia. O painel sensorial foi formado por julgadores cuja faixa etária variou de 18 a 40 anos, e que atuam como servidores e alunos do Instituto Federal Sul Rio-Grandense / Campus Bagé.

Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em fatorial 5 x 2 (AC x Tipo de erva). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variação (teste F), e quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico SISVAR.

Resultados e discussão

De acordo com os resultados da Tabela 1, a coloração da erva-mate variou significativamente durante seis meses de armazenamento, ocorrendo uma interação significativa entre condições de AC e tipo de erva-mate. Em todas as condições de armazenamento, tanto para erva-mate nativa como cultivada, observou-se a diminuição do ângulo de matiz ao longo do armazenamento, indicando decréscimo na coloração verde da erva-mate. Cabral–Malheiros (2007) e Valduga et al. (2005) observaram a mesma resposta em estudos com erva-mate para chimarrão.

Tabela 1. Ângulo de matiz (h°), concentração de clorofilas e compostos fenólicos totais, formação de espuma em erva-mate nativa e cultivada armazenadas a 20°C em diferentes combinações de O₂ e CO₂ por seis meses.

	O ₂ + CO ₂ (kPa)					
	Inicial	20,9 + 0,03	0,5 + 0,03	1,0 + 0,03	1,0 + 3,0	1,0 + 18,0
Ângulo de matiz (h°)						
Nativa	112,8	97,3Da	106,2Aa	105,9Ba	105,7Ca	105,6Ca
Cultivada	109,7	95,8Eb	102,9Ab	102,1Bb	101,7Cb	101,1Db
Clorofilas Totais (µg g⁻¹)						
Nativa	1545,0	594,0Da	1536,0Aa	1205,6Ba	1076,0Ca	1292,0Ba
Cultivada	1138,7	527,0Cb	1049,3Ab	884,0Bb	723,0Bb	770,3Bb
Compostos Fenólicos Totais (mg ácido gálico g⁻¹)						
Nativa	185,8	96,7Ca	162,6Aa	160,7Aa	155,7Ba	155,3Ba
Cultivada	176,2	95,9Ca	162,4Aa	159,1Aa	156,1Ba	156,6Ba
Formação de espuma(mm)						
Nativa	14,7	5,4Bb	14,1Aa	13,7Aa	12,1Aa	13,2Aa
Cultivada	15,4	6,5Ca	12,3Bb	14,7Aa	11,9Ba	11,1Ab

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

No armazenamento no ambiente (20,9 O₂ + 0,03 CO₂ kPa) foi possível verificar uma maior redução no ângulo de matiz, o qual resulta num maior aumento da coloração amarela da erva-mate.

Este fato está associado à degradação de clorofilas, uma vez que, estudos comprovaram que a coloração verde da erva-mate tem estreita relação com a concentração de clorofilas (MORAWICKI et al., 1999). Observou-se que o armazenamento com $0,5 \text{ O}_2 + 0,03 \text{ CO}_2 \text{ kPa}$ demonstrou um desempenho superior aos demais na manutenção da cor da erva-mate. Nesta condição de armazenamento houve apenas uma degradação das clorofilas, de 0,6% na erva-mate nativa e de 7,8% na erva-mate cultivada, o que evidencia que a erva-mate nativa apresentou um potencial de armazenamento maior com relação à manutenção da cor verde do que a erva-mate cultivada no armazenamento em atmosfera controlada. Em atmosfera ambiente a perda de clorofila foi de 61,5% na erva-mate nativa e 53,8% na erva-mate cultivada. Segundo Câmara (2000), o teor de clorofila pode variar de acordo com a origem da erva-mate (região, tipo de erval), o processamento, o método de quantificação e o tempo entre o processamento e a análise.

Bohn e Walczyk (2004) apontam em seu estudo que há diversos caminhos possíveis para a degradação da clorofila. Em vegetais desidratados, como a erva-mate, a feofitinação e a oxidação são as reações mais prováveis de degradação da clorofila, as quais produzem derivados com características espectrais diferentes do pigmento-mãe (KING et al., 2001) alterando a cor do produto. Acredita-se que além da ação das enzimas, fatores não-enzimáticos também possam estar envolvidos. 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 (SANTOS, 2004).

Os compostos fenólicos apresentaram um decréscimo durante o armazenamento indiferente das condições de armazenamento e tipo de erva-mate, no entanto foi possível verificar que em temperatura ambiente a perda foi maior quando da diminuição do oxigênio e aumento do gás carbônico. Por este raciocínio, é possível inferir que a redução dos níveis de oxigênio e aumento de gás carbônico apresentaram efeito positivo na concentração dos compostos fenólicos, embora seja possível verificar perdas ao longo do armazenamento. A condição de $0,5 \text{ O}_2 + 0,03 \text{ CO}_2 \text{ kPa}$ é a forma mais eficiente de armazenamento da erva-mate, tanto nativa como cultivada, no que tange a manutenção da concentração de compostos fenólicos.

Santos (2004) verificou em seu estudo uma redução de compostos fenólicos em erva-mate durante 180 dias de armazenamento. Segundo esse autor, essa redução pode ter influência do oxigênio atmosférico e oxigênio presente no espaço livre da embalagem. Potrickos et al (2013) relatam que a quantidade de compostos fenólicos varia significativamente com o tempo de armazenamento da erva mate.

Quanto à formação de espuma medida instrumentalmente, verificou-se interação significativa entre condições de AC e tipos de erva-mate (Tabela 1). Independentemente do tipo de erva-mate, esta reduziu ao longo dos seis meses de armazenamento, sendo que em condições ambientais observaram-se as maiores perdas dessa característica sensorial. Entretanto, comparando os tipos de erva-mate, a cultivada apresenta de modo geral menor potencial de manutenção da produção de espuma após o

armazenamento. Entre as condições de armazenamento em AC de 0,5 de kPa O₂ + 0,03 de kPa CO₂ a erva nativa apresentou maior produção de espuma, já a cultivada manteve uma maior produção na condição de AC 1% O₂ e 3% CO₂. Esse resultado corrobora com o obtido na determinação da coloração da erva, na qual a erva-mate nativa apresenta igual ou maior potencial de manutenção da cor verde em relação à cultivada.

Tabela 2. Ocorrência de bolores e leveduras em erva-mate nativa e cultivada armazenadas a 20°C em diferentes combinações de O₂ e CO₂ por seis meses.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	Nativa (UFC*. g ⁻¹)	Cultivada (UFC. g ⁻¹)
Inicial	< 10 ²	< 10 ²
20,9 + 0,03	4,5x10 ³	4,0x10 ³
0,5 + 0,03	< 10 ²	< 10 ²
1,0 + 0,03	< 10 ²	< 10 ²
1,0 +3,0	< 10 ²	< 10 ²
1,0 +18,0	< 10 ²	< 10 ²

*UFC = Unidade Formadora de Colônia.

Segundo os resultados da tabela 2, o crescimento de bolores e leveduras em amostras destinadas ao consumo de chimarrão encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela OMS. De acordo com a OMS a tolerabilidade de fungos para o chimarrão, planta consumida como infusão, é de 1x10⁴ UFC/g (WHO, 1998). Segundo Renovatto e Agostini (2008), essa contagem é necessária para indicar a deterioração do alimento e verificar se as normas de higiene durante a manipulação e armazenamento do produto estão sendo respeitadas.

Hermes e Hanefeld (2001) avaliaram nove amostras de erva-mate ao longo de seis meses e encontraram, em média, 5,0 x10³ UFC/g de bolores e leveduras. Berté et al. (2006) encontraram para a erva-mate chimarrão armazenada a 25 °C por 180 dias uma contagem de bolores e leveduras de 4,0 x10² UFC/g. Os resultados encontrados neste estudo apresentam-se coerentes aos estudos citados acima.

Quanto aos gêneros de fungos, foram identificados tanto na erva-mate nativa quanto cultivada o *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* em todas as condições de armazenamento, sendo porém, que a maior proporção foi encontrada no armazenamento no ambiente (20,9 O₂ + 0,03 CO₂ KPa). Os resultados indicam em média maior porcentagem de fungos do gênero *Aspergillus sp.* (68,05%) do que *Penicillium sp.* (31,9%). Bernardi et al (2005) analisaram 34 amostras de erva-mate e encontraram fungos dos gêneros *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* como contaminantes. Borges et al (2002) realizaram contagem de fungos filamentosos e leveduras em cinco marcas de erva mate, adquirida em estabelecimentos comerciais de Curitiba, visando à quantificação, isolamento e identificação de gêneros potencialmente micotoxigênicos. Os fungos isolados e identificados foram *Aspergillus sp.* (62,13%), *Penicillium sp.* (32,35%) e *Rhizopus sp.* (5,52%).

Ao analisar as condições de armazenamento foi possível verificar que o armazenamento em AC manteve menores as contagens iniciais de bolores e leveduras ao comparar com o armazenamento a temperatura ambiente. Embora todas as amostras estejam de acordo com a OMS, percebe-se uma maior tendência a contaminação por bolores e leveduras em erva-mate em condições ambientais. Os fungos por serem em sua grande maioria aeróbios crescem apenas na superfície do alimento em contato com o ar. Este fato pode estar relacionado ao crescimento em temperatura ambiente e o não crescimento em AC, onde os baixos níveis de O_2 não favoreceram o desenvolvimento desses microorganismos em erva-mate.

Para alcançar uma qualidade desejada em termos de contaminação microbiana 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 (BERTÉ et al., 2006).

Tabela 3. Teste de ordenação de diferença para o sabor amargo do chimarrão com erva-mate nativa e cultivada armazenadas em atmosfera controlada a 20°C em diferentes combinações de níveis de O_2 e CO_2 por seis meses.

Tratamentos	$O_2 + CO_2$ (kPa)	Soma das ordens
Nativa		
1	20,9 + 0,03	29
2	0,5 + 0,03	65
3	1,0 + 0,03	87
4	1,0 + 3,0	73
5	1,0 + 18,0	59
Cultivada		
6	20,9 + 0,03	37
7	0,5 + 0,03	73
8	1,0 + 0,03	103
9	1,0 + 3,0	68
10	1,0 + 18,0	73

Pelo teste de ordenação (Tabela 3) pode-se verificar, para a erva-mate nativa (tratamentos 1 a 5), que o tratamento 1 apresentou sabor menos amargo diferindo estatisticamente ao nível de 5% dos demais tratamentos. Os demais tratamentos não diferiram entre si, embora na soma das ordens o tratamento 3 se destaca como sendo o tratamento com sabor amargo mais intenso. Para a erva-mate cultivada (6 a 10), o tratamento 6 apresentou menor sabor amargo diferindo estatisticamente dos demais. O tratamento 8 apresentou maior intensidade de sabor amargo diferindo dos demais tratamentos. Já os tratamentos 7, 9, 10 não diferiram entre si em relação ao sabor amargo. Segundo Duarte (2000), a bebida chimarrão pode apresentar variação do amargor, provavelmente, em função da

quantidade de erva na cuia, tipo de erva, da forma utilizada no seu preparo e também pela presença de diferentes concentrações de componentes químicos, como os compostos fenólicos. No presente estudo foi possível verificar que o sabor das amostras selecionadas como as mais amargas pode ter relação com o teor dos compostos fenólicos, já que esses compostos participam de processos bioquímicos responsáveis pela formação de cor, adstringência, aroma e sabor em alimentos de origem vegetal (SOARES, 2002). Com relação à preferência, tanto para a erva-mate nativa (Figura 1) quanto para a cultivada (Figura 2) a condição AC (0,5+0,03) foi a preferida. A grande maioria dos provadores relatou que preferência foi em função da suavidade do amargor na amostra selecionada. Segundo Nietzsche (2002) o chimarrão apresenta grau de amargor variado e dependendo da preferência por parte do consumidor, essa característica diminui a medida que aumenta o número de extrações.

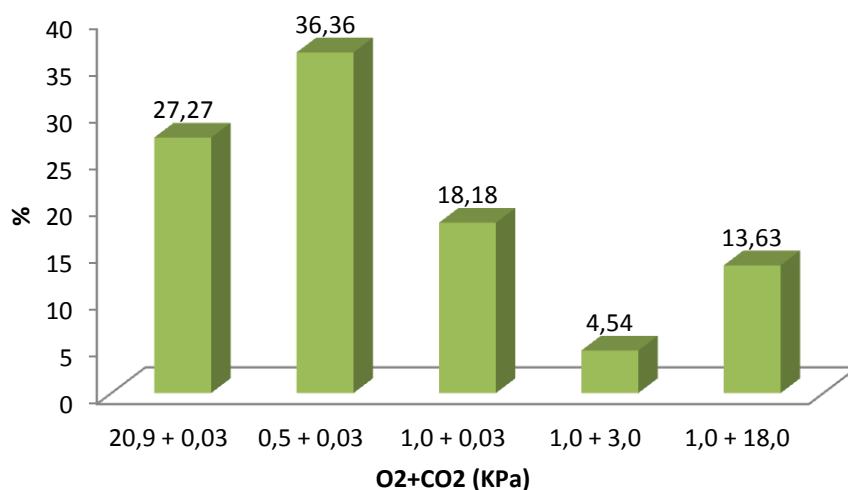


Figura 1 – Preferência dos provadores para erva-mate nativa armazenada em condições de AC.

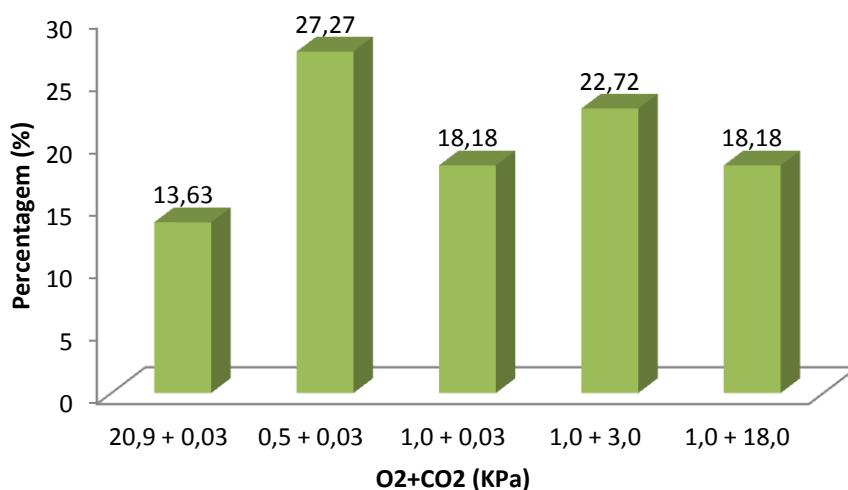


Figura 2 – Preferência dos provadores para a erva-mate cultivada armazenada em condições de AC.

Conclusão

O armazenamento em atmosfera controlada de erva-mate apresentou efeito positivo na manutenção da cor verde, da produção de espuma do chimarrão, do teor de clorofilas totais, dos compostos fenólicos, do sabor do chimarrão e no controle de bolores e leveduras, sendo que a condição de 0,5 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂ foi a que melhor manteve as características de qualidade da erva-mate durante seis meses de armazenamento.

Referências Bibliográficas

BERNARDI, E. et al. Identificação de fungos filamentosos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.4, p.489-493, 2005.

BERTÉ K.A.S. et al. Vida de prateleira: Microbiologia da erva-mate chimarrão. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 25, n.1, p.95-98, 2006.

BERTÉ, K.A.S. **Tecnologia da erva-mate solúvel**. 160 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

BOHN, T.; WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc phthalocyanine as an internal standard. **Journal Chromatography A**, p. 123–128, 2004.

BORGES, L.R. et al. Isolamento de fungos potencialmente micotoxigênicos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). In: II Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, II Reunião Técnica da Erva-mate, Encantado, **Anais...** Porto Alegre: Edição dos Organizadores, p. 155-157, 2002.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, p.379-383, 2010.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã “Gala” em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, v. 336, n.4, p.647-650, 2003.

CABRAL-MALHEIROS, G. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.

CÂMARA SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA DA ERVAMATE DO PARANÁ. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba, 2000. Série PADCT III, n.1.

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

HECK, C.I.; MEJIA, E.G. Yerba mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, n.9, R138-R151, 2007.

HERMES N, HANEFELD A.O. Avaliação da qualidade da erva-mate produzida com tecnologia desenvolvida para escala de microindústria. **Tecno-Lógica** 2001; 5(1):9-27.

KING, V.A.E. et al. Chlorophyll stability in spinach dehydrated by freeze-drying and controlled low-temperature vacuum dehydration. **Food Research Internacional**, v. 34, p. 167-175, 2001.

LICHTENTHALER, H.K. Chloropylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, v.148, p.350-385, 1987.

MACCARI JÚNIOR, A. et al. Indústria ervateira no estado do Paraná II – Fornecimento de matéria-prima. **Revista Acadêmica**, v. 4, p 63-70, 2006.

MORAWICKI, R.O. et al. Chlorophyll stability in yerba maté leaves in controlled atmospheres. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 42, n. 1, p. 85-90, 1999.

POTRICKOS, R. et al. Determinação de fenóis totais em infusões aquosas de chá verde (*Camelia sinensis*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) preparada na forma de chimarrão. **RIES**, v.2, n.1 (Suplemento), p. 27-38, 2013.

RENOVATTO, Y.P.; AGOSTINI, J. Qualidade microbiológica e físico-química de amostras de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) comercializadas em Dourados, MS. **Interbio**, v.2, p.1981-3775, 2008.

ROCHA JÚNIOR, W. F.; MILOCA, L, M. **Sistema Agroindustrial Ervateiro: perspectivas e debates**. Cascavel: Coluna do Saber, 2007. 206 p.

SANTOS, K.A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em embalagens plásticas**. 107 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

SILVA, N. et al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 1.ed. São Paulo: Livraria Varela, 1997. 205p.

SINGLETON, V.L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

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

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).

VALDUGA, E. et al. Avaliação das características de qualidade da erva-mate (chimarrão) acondicionada em diferentes embalagens. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 99-105, 2005.

VIEIRA, M. et al. Chemical characterization of candy made of erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) Residue. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 4637–4642, 2008.

WHO. World Health Organization. **Quality control methods for medicinal plant materials**. Geneva, 1998. 115p.

4 DISCUSSÃO

A atmosfera controlada no armazenamento de erva-mate foi extensamente discutida nos artigos apresentados, com o propósito de verificar a influência que diferentes pressões parciais de O₂ e CO₂, assim como suas combinações poderiam ocasionar na conservação da erva-mate. Ressalta-se que mesmo no armazenamento com redução de O₂ e aumento de CO₂ isoladamente, assim como em combinações dos gases, há alterações na coloração, redução de compostos, como clorofilas, carotenóides, compostos fenólicos totais, sendo, porém que a porcentagem dessas perdas pode variar em função do tipo de erva, forma de cultivo, local de cultivo e o tempo de armazenamento. Essas perdas, no entanto, são inferiores quando comparadas ao armazenamento em condições ambientais, ou seja, as reduções das pressões parciais de O₂ e/ou aumento das pressões parciais de CO₂ apresentaram efeito positivo no armazenamento de erva-mate, sendo que as reduções das pressões parciais de oxigênio influenciaram mais fortemente na conservação.

No armazenamento de erva-mate em AC, especialmente com a redução de oxigênio para uma pressão parcial de 1 kPa, a cor verde, as clorofilas e compostos fenólicos tiveram uma preservação maior quando em pressões parciais de oxigênio maiores. Quanto as pressões parciais de CO₂, a preservação da qualidade da erva-mate independe do aumento de CO₂ no ambiente de armazenamento. A erva-mate na forma cancheada apresentou um potencial de conservação maior que a erva-mate na forma socada. Segundo Santos (2004), a erva-mate tipo chimarrão (socada), apresenta maior percentagem granulométrica de pó moderadamente fino o que é requerido pelo seu uso tradicional. A reduzida granulometria da erva-mate resulta numa grande área de superfície do material, a qual propicia problemas de estabilidade devido à absorção de umidade e ao favorecimento de reações oxidativas. Estes processos podem estar intimamente ligados com a perda de cor durante a armazenagem de erva-mate, o que já foi sugerido para outros vegetais (KING et al, 2001). A matéria-prima cultivada proveniente de São Mateus-PR apresentou uma maior preservação da cor verde, em função do maior teor de clorofila, do que a matéria-prima proveniente de Arvorezinha – RS. Segundo Câmara (2000), o teor de clorofila pode variar de acordo com a origem da erva-mate (região,

tipo de erval), o processamento, o método de quantificação e o tempo entre o processamento e a análise.

O armazenamento em AC foi mais eficiente na persistência da espuma do chimarrão ao comparar com o armazenamento da erva-mate no ambiente, o qual praticamente não houve produção de espuma.

A contagem de bolores e leveduras das amostras no armazenamento em AC mostraram valores dentro dos níveis exigidos. Embora todas as amostras estejam de acordo com a OMS, percebe-se uma maior tendência à contaminação por bolores e leveduras em erva-mate em condições ambientais. Quanto a presença de fungos, o gênero *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* foram identificados em todas as amostras, independente da condição de armazenamento. Segundo Santos (2004), a susceptibilidade da erva-mate à contaminação microbológica é variável em função de fatores intrínsecos e extrínsecos do produto.

O sabor amargo do chimarrão foi mais intenso em amostras de erva-mate armazenadas sob atmosfera controlada a 1,0 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂ sendo que a preferência foi pela erva-mate armazenada a 0,5 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂. A grande maioria dos provadores relatou que a preferência foi em função da suavidade do amargor na amostra selecionada. Segundo Nietzsche (2002) o chimarrão apresenta grau de amargor variado e dependendo da preferência por parte do consumidor, essa característica diminui a medida que aumenta o número de extrações.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Sendo a coloração e o sabor uns dos parâmetros mais relevantes da qualidade de erva-mate, pode-se concluir baseado nos três artigos científicos, que as condições de armazenamento em AC apresentam um efeito positivo na conservação da erva-mate, ou mais especificamente:

- O armazenamento em AC permite armazenar a erva-mate por até nove meses sem grande perda de qualidade, viabilizando assim a colheita no período de repouso da planta e a oferta do produto durante todo ano no mercado consumidor.
- O armazenamento com baixas concentrações atmosféricas de O_2 é o mais recomendado para manutenção das características da erva-mate. A condição de AC com 1 KPa de O_2 mantém a coloração verde da erva-mate, um maior teor de clorofilas e compostos fenólicos durante nove meses de armazenamento. A pressão parcial de CO_2 mantém mais verde a erva-mate, com um maior teor de clorofilas e fenóis totais, independentemente do nível do gás, em ambos os locais de cultivo da erva-mate.
- A erva-mate cancheada apresenta maior potencial de armazenamento do que a socada, preservando melhor a coloração verde refletida pelo teor de clorofilas, além de uma melhor manutenção nos teores de compostos fenólicos da erva-mate.
- Concentração de clorofila total reduz exponencialmente durante o tempo de armazenamento, independentemente da condição de armazenamento, forma de cultivo e local que a erva-mate foi cultivada. Os teores de carotenóides totais independente da forma e local de cultivo, apresentam redução até os 3 meses de armazenamento sob atmosfera de 1 kPa de O_2 . Quando armazenadas em 3 kPa de CO_2 , há redução ao longo dos 12 meses de armazenamento. A presença de CO_2 na atmosfera de armazenamento mantém mais alta a concentração de compostos fenólicos totais até seis meses.

- Com relação ao local de origem, a matéria-prima proveniente de São Mateus-PR tem maior preservação da cor verde o que resulta em maior potencial de armazenamento.
- O armazenamento em AC 0,5 O₂ + 0,03 kPa de CO₂ tem melhor desempenho na manutenção da cor verde da erva-mate, no teor de clorofilas totais e compostos fenólicos totais aos seis meses de armazenamento.
- O armazenamento em AC, independente dos níveis de O₂ e CO₂, apresenta um efeito positivo na manutenção da espuma do chimarrão e no controle do crescimento de bolores e leveduras na erva-mate.
- A erva-mate armazenada em AC apresenta-se mais amarga que a erva-mate armazenada em condições ambientais. A erva-mate armazenada em AC com 0,5 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂ é a preferida dos provadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABITANTE, A. L. **Modelagem dinâmica e análise de um sistema de controle de umidade de folhas de erva-mate em secadores contínuos de esteira**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestre em Processos Térmicos e Químicos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.
- ABREU, L. **Estudo do poder antioxidante em infusões de ervas utilizadas como chás**. 2007. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.
- AHMED, J. et al. Colour degradation and rheology of green chilli puree during thermal processing. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 57–63, 2002.
- AMBRÓSIO, C. L. B. et al. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v. 19, p. 233-243, 2006.
- ANDERSON, K. L.; FUNG, D. Y. C. Anaerobic methods, techniques and principles for food bacteriology: a review. **Journal of Food Protection**. v. 46, p. 811–822, 1983.
- ANDRADE, F. M. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva da *Ilex paraguariensis* St. Hill Erva-Mate**. São Mateus do Sul-PR, 1999. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nipe/rbma/ervmenub.htm>> Acesso em: 20 jul. 2014.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 232-240, 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA ERVA-MATE. **Erva-mate**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Grupo de Comunicações, 1999. 63p.
- ASOLINI, F. C.; TEDESCO, A. M.; CARPES, S. T. Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. Pato Branco, PR: **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, p. 209-215, 2006.
- BALASUNDRAM, N. et al. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

- BARBOZA, L. M. V. **Desenvolvimento de Bebida à Base de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) Adicionada de Fibra Alimentar**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BASTOS, D. H. M. et al. Essential oil and antioxidant activity of green mate and mate tea (*Ilex paraguariensis*) infusions. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 538-543, 2006.
- BERKAI, D.; BRAGA, C. A. **500 anos de história da erva-mate**. 2. ed. Editora Cone Sul, 2000, 97p.
- BERNARDI, E. et al. Identificação de fungos filamentosos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 72, n. 4, p. 489-493, 2005.
- BOGUSZEWSKI, J. H. **Uma história cultural da erva-mate: o alimento e suas representações**. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- BOHN, T.; WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc phthalocyanine as an internal standard. **Journal Chromatography A**. p. 123–128, 2004.
- BORGES, L. R. et al. Contagem de fungos no controle de qualidade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) e isolamento de fungos potencialmente micotoxigênicos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 103-110, 2002.
- BUGNO, A. et al. Avaliação da contaminação microbiana em drogas vegetais. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 4, p. 491-497, 2005.
- BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, p. 379-383, 2010.
- BRACKMAN, A.; CHITARRA, A. B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: BOREM, F. M. (Coord.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, p. 133-169, 1998.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã “Gala” em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, v. 336, n. 4, p. 647-650, 2003.

BRACKMANN, A. **Armazenamento em atmosfera controlada**. Frutas do Brasil-Maçã pós-colheita, v. 39, p. 67-95, 2004. 109p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 519/98** de 26/06/1998. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Chás - Plantas Destinadas à Preparação de Infusões ou Decocções. Diário Oficial da União. Brasília, 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Resolução RDC n.º 277** de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para café, cevada, chá, erva-mate e produtos solúveis. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 set. 2005.

BRECHT, J. K. et al. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 87-101, 2003.

CABRAL-MALHEIROS, G. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2007.

CARDOSO JÚNIOR, E. L. et al. Methylxanthines and phenolic compounds in mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) progenies grown in Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 553-558, 2007.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039 p.

CENI, G. C. **Oxidases de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.): extração, estabilidade térmica e influência da exposição ao micro-ondas**. 2005. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2005.

CONTRERAS, P. D. **Desenvolvimento de bebida à base de subprodutos da indústria da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e verificação de sua atividade antioxidante**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

COSTA, S. G. **A erva-mate**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral; Scientia et Labor, 1989. 86 p.

CUNHA JÚNIOR, L. C. **Atmosfera controlada na conservação de morango**. 2011. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990. 320 p.

CLIFFORD, M. N.; RAMIREZ-MARTINEZ, J. R. Chlorogenic acids and purine alkaloids contents of mate (*Ilex paraguariensis*) leaf and beverage. **Food Chemistry**, 35, p. 13–21, 1985.

CLIFFORD, M. N. et al. Profiling the Chlorogenic acids and other caffeic acid derivatives of herbal chrysanthemum by LC-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 929-936, 2007.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de SC, 1999. 81p.

DA CROCE, D. M. **Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina: erva-mate**. Epagri, Boletim Técnico, n. 112, Florianópolis, SC, 2000. 41p.

DA CROCE, D. M. Características físico-químicas de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) no estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 107-113, 2002.

DANIEL, O. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados, MS: UFGD ; UEMS 2009. 288p.

DARTORA, N. **Avaliação dos polissacarídeos e metabolitos secundários das folhas de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) em diferentes estados fisiológicos e de processamento**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Bioquímica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C.; De MARIZ e MIRANDA, L. S.; SALVADO, E. Stability of 5-caffeoylquinic acid under different conditions of heating. **Food Research International**. v. 31, n. 6-7, p. 475-477, 1998.

DELGADO-VARGAS, F. et al. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains- characteristics, biosynthesis, processing, and storage. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, p. 173-289, 2000.

DORTA, D. J. **Efeitos citoprotetor e/ou citotóxico dos flavonóides: estudo-estrutura-atividade envolvendo mecanismos mitocondriais, com ênfase na apoptose**. 2007. 166 f. Tese (Doutorado em Toxicologia, área de concentração Toxicologia), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2007.

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

EFING, L. M. A. C. **Compostos bioativos do material resinoso, subproduto do processamento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hill)**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de erva mate**. Embrapa Florestas – Sistema de Produção, 2005. Disponível em <http://sistemas.deproducao.cnpqia.embrapa.br/FontesHTML/Ervamate/CultivodaErvaMate/02_distrib_geografica.htm>. Acesso em: 17 mai. 2014.

ESMELINDRO, M. C. et al. Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 193-204, 2002.

FARBER, J. M. et al. Microbiological quality of foods packaged under modified atmospheres. **Food Microbiology**. v. 7, p. 327–334, 1990.

FILIP, R. et al. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. **Nutrition Research**, USA, v. 20, n. 10, p. 1437-1446, 2000.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L.; PASSOS, M. **Carotenóides: cores atraentes e ação biológica**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, n. 13, p. 40-45, 2000.

GIORNI, P. et al. Effect of aw and CO₂ level on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in high moisture maize post harvest. **International Journal of Food Microbiology**. v. 122, p. 109–113, 2008.

GRIGOLETTI, A. JR.; AUER, C. G.; MASCHIO, L. M. A. Doenças em erva – mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Parte do Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 43-51, 1996.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free Radical in Biology and Medicine. 4. ed. **Oxford**: Oxford University Press, 2007.

HEATON, J. W. Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 44, p. 399-402, 1996.

HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Foods Science & Technology**, v. 7, p. 8-15, 1996.

HECK, C.I .; MEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. **Journal of Food Science**. V. 72, p. 138-151, 2007.

HEIM, K. E. et al. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.

HEINRICHS, R.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Ciência Rural**, v. 31, n. 5, p. 781-785, 2001.

HOTCHKISS, J. H. Experimental approaches to determining the safety of foods packaged in modified atmospheres. **Food Technology**. v. 55, p. 60–64, 1988.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados @**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavourapermanente2012>> Acesso em: 10 abr. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DO MATE. **Resolução nº 485** de 25 de outubro de 1955. Classificação e padronização dos tipos de erva-mate cancheada e beneficiada. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Rio de Janeiro, 1955.

ISOLABELA, S. et al. Study of the bioactive compounds variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing. **Food Chemistry**. V. 122, p. 695–699, 2010.

JUNQUEIRA, A. H.; LUENGO, R. de F. A. **Mercados diferenciados de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 7p. (Circular Técnica, 17).

KE, D. et al. Physiology and prediction of fruit tolerance to low oxygen atmospheres. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 116, p. 253-260, 1991.

KING, V. A. E. et al. Chlorophyll stability in spinach dehydrated by freeze-drying and controlled low-temperature vacuum dehydration. **Food Research Internacional**, v. 34, p. 167-175, 2001.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MSn characterization of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v. 110, p. 522–530, 2008.

LANGMEIER, M. et al. Chlorophyll breakdown in senescent leaves, demonstration of Mg-dechelataze activity. **Physiology Plant.**, Copenhagen, v. 89, p. 347-353, 1993.

LARSEN, M.; WATKINS, C. B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 5, p. 39-50, 1995.

LAWLESS, H. T. & HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Maryland: Aspen Publ., p. 827, 1999.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba, Edição do autor, 1997, 134 p.

LEOPOLDINI, M.; RUSSO, N.; TOSCANO, M. The molecular basis of natural polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 125, p. 288-306, 2011.

LIMA, U. A. Bebidas estimulantes. In: VENTURI FILHO, Waldemar G. **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher, p. 39-56, 2010.

LIU, S. et al. Effects of CO₂ on respiratory metabolism in ripening banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 27-34, 2004.

LUNARDI, R. **Tecnologia de Armazenamento em Atmosfera Controlada** In: NEVES, L. C. Manual Pós-Colheita da Fruticultura Brasileira. Londrina: EDUEL, p. 412-418, 2009.

MACCARI JUNIOR, A.; SANTOS, A. P. R. Parâmetros tecnológicos para a utilização industrial da erva-mate. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCOWSKI, J. Z. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba – SEAB, p. 43-68, 2000.

MACCARI JUNIOR, A. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Curso de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas, 2005.

MACCARI JÚNIOR, A. et al. Indústria ervateira no estado do Paraná II – Fornecimento de matéria-prima. **Revista Acadêmica**, v. 4, p. 63-70, 2006.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, 2004.

MARTÍNEZ, G. A. et al. Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit. **Phytochemistry**, v. 58, p. 379-387, 2001. [

MARTINS, R. C.; SILVA, C. L. M. Modelling colour and chlorophyll losses of frozen green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **International Journal of Refrigeration**, v. 25, p. 966-974, 2002.

MEDRADO, M. J. S. et al. **Recuperação de ervais degradados**. Comunicado Técnico 86. Colombo: EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. 6p.

MEDRADO, M. J. S. **Cultivo da erva-mate**. Embrapa Florestas- Sistemas de Produção, ISSN 1678-8281, 2005 (Versão Eletrônica).

MEDRADO, M. J. S.; MOSELE, S. H. **Cultivo da erva-mate**. Embrapa Florestas- Sistemas de Produção, 1 - 2. edição ISSN 1678-8281, 2010 (Versão Eletrônica).

MEINHART, A. D. et al. Methylxanthines and phenolics content extracted during the consumption of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 24; 58(4), 2188-2193, 2010.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MENDES, R. M. O. **Caracterização e avaliação da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), beneficiada no estado de Santa Catarina**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

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, p. 85-90, 1999.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. Taylor and Francis, New York, USA, 2006.

NEGI, P. S.; ROY, S. K. Effect of drying conditions on quality of green leaves during long term storage. **Food Research International**, 34, 283-287, 2001.

NIETSCHKE, K. **Caracterização da qualidade da erva-mate cancheada**. 2002. 89 f. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Química – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

NUÑEZ, J. C.; KÄNZIG, R. G. Secanza de yerba mate. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. A.; TARASCONI, L. C. (Ed) **Erva-mate: Biologia e Cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 175-180, 1995.

NYM, 2001, disponível em: <http://www.inym.org.ar/inym>. Acesso em: 17 mai.2014.

PAGLIOSA, C.M. **Caracterização química do resíduo de ervas e folhas “in natura” de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**. 2009. 446f. Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

PARANÁ, C. G. M.; RUCKER, N. G. A. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. Curitiba: **MCT/CNPq/PADCT**, 2000.

PARANÁ. Câmara setorial da cadeia produtiva da erva-mate. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba, 2000. Série PADCT III, n. 1. 160 p.

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 97-111, 2006.

RAKOCEVIC, M.; MARTIM, S. F. Time series in analysis of yerba-mate biennial growth modified by environment. **International Journal of Biometeorology**. v. 55, p. 161-171, 2010.

RENOVATTO, Y. P.; AGOSTINI, J. Qualidade microbiológica e físico-química de amostras de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) comercializadas em Dourados, MS. **Interbio**, v. 2, p. 1981-3775, 2008.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos. São Paulo: Editora Edgard Blucher: **Instituto Mauá de Tecnologia**, 2004.

RIZZO, M. et al. HPLC determination of phenolics adsorbed on yeasts. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 42, p. 46–55, 2006.

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

ROBBINS, R. J. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 2866-2887, 2003.

ROCA, M. et al. Analysis of the chlorophyll catabolism pathway in leaves of anntrogression senescence mutant of *Lolium temulentum*. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1231–1238, 2004.

ROCHA JÚNIOR, W. F. **Análise do agronegócio da erva-mate com o enfoque da nova economia institucional e o uso da matriz estrutural prospectiva**. 2001. 133 f. Tese (Doutorado Engenharia de Produção)– Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

RODRIGUES, E. R. V. **Efeito antioxidante da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em voluntários sadios**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Saúde), Curso de Pós-Graduação em Ciências de Saúde, Universidade São Francisco, Bragança Paulista, 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 13, p. 641-647, 2000.

ROSS, J. A.; KASUM, C.M. Dietary flavonoids: Bioavailability, Metabolic effects, and Safety. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, p. 19-34, 2002.

RUCKER, N. G. A. **Mercomate: cooperação na competitividade**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural, 1996.

RUCKER, N. G. A.; MACARI JR., A.; ROCHA JR., W. F. **Agronegócio da erva-mate no estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas para 2003**. In: SECRETARIA da Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/colepar/seab>>. Acesso em: 10 mai. 2014.

SALDANHA, L. A.; BASTOS, D. H. M. Extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) verde e tostada: sólidos solúveis, fenólicos totais e atividade antioxidante in vitro. In: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4. REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4., 2006, Posadas. **Anais...**Posadas: INYM, p. 95-100, 2006.

SANTOS, K. A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em diferentes embalagens plásticas**. 2004. 107 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

SANTOS, T. B. **Estudo cinético da oxidação enzimática do ácido 5-ocafeoilquínico por polifenoloxidasas**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de alimentos). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

SCHIFFL, C. F. **Industrialização da Erva-Mate no Brasil**. In: **I Congresso Sul americano da Erva-Mate**; Anais da II Reunião Técnica do Cone Sul Sobre A Cultura da Erva-Mate. Curitiba, p. 89-98, 1997.

SCHMALKO, M. E.; MORAWICKI, R. O. AND RAMALLO, L. A. Simultaneous determination of specific heat and thermal conductivity using the finite-difference method. **J Food Eng**, 31, 531-540, 1997.

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

SCHMALKO, M. E.; MACIEL, S. AND DELFEDERICO, L. E. Estudio de la Eficiencia Energética de un Secadero de Yerba Mate. **3° Congresso Sul-Americano da Erva-Mate**. Chapecó, Brasil 16-19 novembro, p. 134 (2003).

SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trend in Food Science e Technology**, v. 13, p. 361-371, 2002.

SCHWARTZ, S. J.; LORENZO, T. V. Chlorophylls in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 29, p. 1-17, 1990.

SINDIMATE. Sindicato da Indústria do mate no estado do Rio Grande do Sul. **Dados estatísticos – Erva-mate**. Disponível em: < <http://www.sindimaters.com.br/pagina.php?cont=estatisticas.php&sel=9>> Acesso em: 15 jun. 2014.

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

STREIT, M. N. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 693p. 2004.

TANIWAKI, M. H. et al. Growth and mycotoxin production by food spoilage fungi under high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, NL, v. 132, n. 2-3, p. 100-108, 2009.

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

TENG, S. S.; CHENG, B. H. Formation of pyrochlorophylls and their derivatives in spinach leaves during heating. **Food Chemistry**, v. 65, p. 367-373, 1999.

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).

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.

UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Alimentos e Novas Tecnologias na Ufrgs.** Disponível em: <http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpoutro/ervamate/mporegio.htm>. Acesso em: 23 mar. 2014.

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

VALDUGA, A. T. **Uso sustentado e processamento de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Erva-mate).** 2002. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2002.

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

VALDUGA, E. et al. Avaliação das características de qualidade da erva-mate (chimarrão) acondicionada em diferentes embalagens. **Braz. J. Food Technol.**, v. 8, n. 2, p. 99-105, 2005.

VASCONCELLOS, F. C. F. **Os impactos da criação do Mercosul no mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul.** 2012. 66 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

VIEIRA, M. A. et al. Análise de compostos fenólicos, metilxantinas, tanino e atividade antioxidante de resíduo de processamento de erva-mate: uma nova fonte potencial de antioxidantes. In: **International workshop – advances in cleaner production**, São Paulo. Anais...São Paulo: UNIP, p. 1-11, 2009.

VOLNEBE, J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O. W. **Química de los alimentos.** 2.ed. Zaragoza: Wisconsin – Madison, cap.10, p. 782-799, 2000.

WHO. World Health Organization. **Quality control methods for medicinal plant materials**. Geneva, 1998. 115p.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos**: mecanismos y teoría. Zaragoza: Acribia, 1989.

XU, H. et al. Chlorophyll b can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, 2001.

YERBA MATE CAFÉ disponível em: <http://www.yerbamatecafe.com/style/sofyerbamate.html>. Acesso em: 01 jul. 2014.

ZANOELO, E. F. et al. **Um Novo Conceito de Processo para a Indústria Ervateira**. 3º CONGRESSO SUL AMERICANO DE ERVA-MATE, Chapecó, v. 6, p. 1-6, 2003.

ZANOELO, E. F. et al. Superheated steam-drying of mate leaves and effect of drying conditions on the phenol content. **Journal of Food Process Engineering**, v. 29, p. 253-268, 2006.

ZEGARRA, J. J. Q. et al. Pesquisa de micro-organismos em utensílios, leite e queijos de produção artesanal em unidades de produção familiar no município de Seropédica, Rio de Janeiro. **Ciência Animal Brasileira**, 10, n. 1, p. 312-321, 2009.