

LUCINÉIA PUIATTI COLPO

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E CONTEÚDO DE
COMPOSTOS FENÓLICOS DE FRUTAS VERMELHAS SUBMETIDAS A
PROCESSAMENTOS POR CALOR (MICRO-ONDAS, *SOUS VIDE*, FERVURA E
DESIDRATAÇÃO)**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre, pelo
Programa de Pós-Graduação em Nutrição e
Alimentos da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos - UNISINOS

Área de concentração: Nutrição e Alimentos.

Orientadora: Prof^ª Dr. Carolina Didonet
Pederzolli

Co-orientador: Prof^ª. MSc. Isabel Kasper
Machado

**SÃO LEOPOLDO
2015**

C721a Colpo, Lucinéia Puiatti
Avaliação da capacidade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos de frutas vermelhas submetidas a processamentos por calor (micro-ondas, *sous vide*, fervura e desidratação) / Lucinéia Colpo Puiatti. – 2015.
72 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, São Leopoldo, RS, 2015.

Orientador: Profa. Dra. Carolina Didonet Pederzoli
Coorientadora: Profa. MSc. Isabel Kasper Machado

1. Nutrição. 2. Frutas vermelhas. 3. Fenóis. 3. Antioxidantes. I. Título. II. Pederzoli, Carolina Didonet. III. Machado, Isabel Kasper.

CDU 612.39:577

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária Raquel Herbez França – CRB 10/1795)

LUCINÉIA PUIATTI COLPO

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E CONTEÚDO DE
COMPOSTOS FENÓLICOS DE FRUTAS VERMELHAS SUBMETIDAS A
PROCESSAMENTOS POR CALOR (MICRO-ONDAS, *SOUS VIDE*, FERVURA E
DESIDRATAÇÃO)**

Dissertação como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre, pelo Programa
de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Aprovado em (dia) (mês) (ano)

BANCA EXAMINADORA

Carolina Didonet Pederzoli – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Daiana de Souza- Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Rochele Cassanta Rossi – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Dedico essa conquista os meus amados pais Pedro e Ivone, e irmão Cassiano. Vocês são o alicerce da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por Ele ser sempre fiel e iluminar todos os meus passos durante minha vida.

À minha família por todo amor, carinho, força, dedicação e apoio incondicional.

À minha professora e orientadora, Carolina Didonet Pederzoli, pela atenção, pelos ensinamentos profissionais e pessoais, além da amizade e companheirismo que me ajudaram a crescer pessoalmente e profissionalmente. A minha co-orientadora Isabel Kasper Machado que contribuiu muito com seu conhecimento.

Às bolsistas Roberta Ströher e Cláudia Gaio por toda atenção, ajuda e paciência.

Às minhas amigas que, sempre e estiveram presentes nessa caminhada acadêmica e torcem pelo meu sucesso pessoal e profissional.

A todos meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Há um crescente interesse na relação entre alimentação e saúde, destacando-se o consumo de antioxidantes naturalmente presentes em alimentos. As frutas, principalmente as que apresentam a coloração vermelha/azul, contêm elevadas quantidades de antioxidantes, sendo importantes fontes de compostos fenólicos. Aos compostos antioxidantes tem sido atribuída uma grande gama de efeitos biológicos, incluindo ações de prevenção contra doenças. Acredita-se que o consumo regular destas frutas, aliado a um estilo de vida saudável, incluindo dieta equilibrada e exercícios físicos, pode trazer potenciais benefícios à saúde. Porém, nem sempre as frutas e verduras são consumidas *in natura*, muitas vezes são consumidas após serem submetidas a algum tipo de processamento, o que pode alterar suas características nutricionais. Com isso se torna muito importante compreender melhor a estabilidade destes compostos em alimentos, frente ao processamento a que são submetidos antes da ingestão. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito do processamento por diferentes métodos de cocção (*sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação) sobre as propriedades antioxidantes de frutas vermelhas (amora, mirtilo, cereja, jabuticaba e morango). Para isso, verificou-se o conteúdo de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante de cada uma delas *in natura* e processadas. De uma forma geral, foi possível observar que a jabuticaba foi a fruta que apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante dentre todas as frutas vermelhas estudadas, em todos os processos avaliados, com exceção da desidratação, na qual amora e morango tiveram os maiores resultados nas condições estudadas. Além disso, foi possível observar também que as frutas em geral processadas por cocção em micro-ondas e desidratação apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante do que as submetidas aos demais processos. Os resultados obtidos demonstram haver clara influência do tipo de processo a que a fruta é submetida sobre as propriedades antioxidantes da mesma. Novos estudos, no entanto, se fazem necessários a fim de melhor esclarecer os efeitos do processamento sobre a atividade antioxidante das frutas vermelhas.

Palavras-chave – frutas vermelhas, processamentos, conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante

ABSTRACT

There is an increasing interest in the relationship between food and health. Recently the intake of food containing naturally occurring antioxidants has gained increasing evidence. Fruits, specially blue or red ones, contain high amounts of antioxidants and are important sources of total phenolic compounds. A wide range of biological effects, including disease prevention, have already been attributed to antioxidant compounds. It is widely believed that a regular fruit and vegetable consumption, along with a healthy life style including balanced diet and physical exercise, can bring potential benefits to human health. However, fruits and vegetables are not always consumed fresh, they are often consumed after being submitted to some kind of processing, which can alter its nutritional properties. It seems therefore important to study the stability of these compounds in food processed prior to consumption.

In this way, the aim of this work was to evaluate the effects of heat processing by different methods (*sous vide*, microwave, boiling and dehydration) in the antioxidant properties of red fruit (blackberry, bilberry, cherry, jaboticaba and strawberry). Total phenolic compound content and antioxidant activity of each fruit were evaluated, both fresh and processed by different heating methods. It was observed that jaboticaba presented the highest phenolic compound content and also the highest antioxidant activity among all red fruits studied, in all processes evaluated, except in dehydration, in which blackberry and strawberry had higher results in the conditions studied. Besides, it could be observed that red fruits processed by microwave and dehydration presented higher phenolic compound content and higher antioxidant activity than those submitted to the other processes studied. Results obtained show that appears to be a clear influence of the kind of process used into red fruits antioxidant properties. However, more studies are needed do better understand the effects of heat processing in antioxidant activity of red fruits.

Keywords – red fruits, heat processing, total phenolic compound content, antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do tocoferol e tocotrienol	21
Figura 2: Mecanismo de ação do ácido ascórbico como antioxidante	22
Figura 3: Estrutura química dos principais carotenoides dietéticos.....	23
Figura 4: Estrutura das principais classes de flavonoides.....	24
Figura 5: Etapas dos processos aos quais as frutas vermelhas foram submetidas.....	35
Figura 6: Registro fotográfico do processamento por <i>sous vide</i> a que cada fruta foi submetida	35
Figura 7: Registro fotográfico do processamento por fervura a que cada fruta foi submetida.....	36
Figura 8: Registro fotográfico do processamento por micro-ondas a que cada fruta foi submetida	36
Figura 9: Registro fotográfico do processamento por desidratação a que cada fruta foi submetida	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fontes endógenas e exógenas de geração de espécies reativas.....	16
Tabela 2: Componentes do sistema de proteção antioxidante.....	18
Tabela 3: Frutas, processamentos e tempos necessários para obtenção de cada amostra.....	37
Tabela 4: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da amora <i>in natura</i> e submetida ao processamento por <i>sous vide</i> , micro-ondas, fervura e desidratação.....	41
Tabela 5: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da cereja <i>in natura</i> e submetida ao processamento por <i>sous vide</i> , micro-ondas, fervura e desidratação.....	45
Tabela 6: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da jabuticaba <i>in natura</i> e submetida ao processamento por <i>sous vide</i> , micro-ondas, fervura e desidratação.....	47
Tabela 7: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do morango <i>in natura</i> e submetida ao processamento por <i>sous vide</i> , micro-ondas, fervura e desidratação.....	49
Tabela 8: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do mirtilo <i>in natura</i> e ao processamento por <i>sous vide</i> , micro-ondas, fervura e desidratação.....	51
Tabela 9: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas <i>in natura</i>	53
Tabela 10: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas a processamento por <i>sous vide</i>	55
Tabela 11: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas a processamento por micro-ondas.....	56
Tabela 12: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas a processamento por fervura.....	57
Tabela 13: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas a processamento por desidratação.....	58

LISTA DE SIGLAS

ABTS[•] – Radical 2,2- azinobis (3- etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico)

CAT – Catalase

DPPH[•] – Radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil

ERON – Espécies Reativas de Oxigênio e Nitrogênio

GAE - Equivalente de ácido gálico

GPx – Glutathione Peroxidase

GSH – Glutathione Reduzida

GSSG – Glutathione Oxidada

ORAC – Oxygen Radical Absorbance Capacity

SOD – Superóxido Dismutase

TEAC – Capacidade Antioxidante Equivalente de Trolox

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio	15
2.2 Defesa antioxidante	17
2.3 Antioxidantes endógenos	18
2.3.1 Catalase	18
2.3.2 Glutathiona Peroxidase	18
2.3.3 Superóxido Dismutase	19
2.3.4 Antioxidantes Endógenos Não-enzimáticos.....	19
2.4 Papel da dieta na prevenção contra espécies reativas.....	20
2.4.1 Antioxidantes Exógenos	20
2.5 Frutas vermelhas	25
2.5.1 Amora	26
2.5.2 Mirtilo.....	27
2.5.3 Cereja.....	28
2.5.4 Jabuticaba.....	28
2.1.5. Morango	28
2.6 Processamento de alimentos	29
2.6.1 Desidratação.....	29
2.6.2 <i>Sous Vide</i>	30
2.6.3 Micro-ondas.....	31
2.6.4 Fervura	32
2.6.5 Frutas in natura X frutas processadas.....	32
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 Obtenção e preparação da amostra.....	33
3.1.1 Cocção por <i>Sous vide</i>	33
3.1.2 Cocção por fervura.....	33
3.1.3 Cocção por micro-ondas.....	34

3.1.4 Desidratação.....	34
3.2 Obtenção dos extratos das frutas.....	37
3.3 Determinação da atividade antioxidante.....	38
3.3.1 Avaliação da atividade antioxidante através da captura do radical 2,2- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)(ABTS)	38
3.3.2 Avaliação da atividade antioxidante através do método de captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH).....	38
3.4 Determinação do conteúdo de compostos fenólicos totais.....	39
3.5 Análise estatística.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Amora	41
4.2 Cereja.....	43
4.3 Jaboticaba.....	47
4.4 Morango.....	48
4.5 Mirtilo.....	51
4.6 Frutas <i>in natura</i>.....	52
4.7 Frutas vermelhas processadas.....	54
4.7.1 Frutas vermelhas submetidas à cocção por <i>sous vide</i>	54
4.7.2 Frutas vermelhas submetidas à cocção por micro-ondas.....	55
4.7.3 Frutas vermelhas submetidas à cocção por fervura	57
4.7.4 Frutas vermelhas submetidas à desidratação.....	58
CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a demanda por produtos naturais, saudáveis e à base de frutas e hortaliças tem crescido rapidamente, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a serem incluídos em alimentos mais elaborados, como sorvetes, cereais, laticínios, produtos de confeitaria e panificação entre outros (LIMA et al., 2004).

Estudos recentes relacionam a ingestão de frutas e verduras que tenham propriedades antioxidantes com a diminuição do risco de desenvolvimento de algumas doenças crônico-degenerativas (SILVA et al., 2004; WICKLUND et al., 2005). Sendo assim, cada vez mais são valorizadas frutas e verduras que apresentem alto teor de antioxidantes em sua composição. A funcionalidade destes compostos baseia-se principalmente em sua ação como sequestradora de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e como quelantes de metais, os quais estariam envolvidos em reações oxidativas associadas a alterações patológicas como as observadas na aterosclerose, catarata, patologias cerebrais, neoplasias, processos inflamatórios crônicos, dentre outros (GARCIA-ALONSO et al., 2004; SELLAPPAN et al., 2002; SIRIWOHARN et al., 2004; ZADERNOWSKI et al., 2005).

Porém, nem sempre as frutas e verduras são consumidas *in natura*, muitas vezes são consumidas após serem submetidas a algum tipo de processamento, o que pode alterar suas características nutricionais tanto positivamente quanto negativamente.

Desta forma pretende-se avaliar o efeito do processamento por diferentes métodos de cocção (*sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação) sobre as propriedades antioxidantes de frutas vermelhas (amora, mirtilo, cereja, jaboticaba e morango) através da verificação do conteúdo de compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de cada uma delas *in natura* e processadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o efeito do processamento por diferentes métodos de cocção (*sous vide*, fervura, micro-ondas e desidratação) sobre as propriedades antioxidantes de frutas vermelhas (amora, mirtilo, cereja, jaboticaba e morango).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar e comparar o conteúdo de compostos fenólicos totais das frutas vermelhas *in natura* e submetidas a diferentes processos (desidratação, fervura, *sous vide* e micro-ondas);
- Determinar e comparar a atividade antioxidante das frutas vermelhas *in natura* e submetidas a diferentes processos (desidratação, fervura, *sous vide* e micro-ondas).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ERON)

As espécies reativas de oxigênio são as várias formas de oxigênio ativado, entre as quais se incluem os denominados radicais livres. Os termos radical livre, agente oxidante, espécie ativada e espécie reativa são frequentemente utilizados para designar, de forma genérica, todas as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ERON) de importância biológica e que podem ser definidas como qualquer espécie química capaz de existir independentemente e que possui um ou mais elétrons não pareados em sua última camada eletrônica (RAYMUNDO, 2003; SOARES, 2002; HALLIWELL, 1994; POMPELLA, 1997).

As espécies reativas podem ser geradas no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana celular e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 1996; YU & ANDERSON, 1997). Entre as principais formas reativas de oxigênio, o radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) apresenta uma baixa capacidade de oxidação, enquanto que o radical hidroxil (OH^{\bullet}) mostra uma pequena capacidade de difusão, mas é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) não é um radical livre, mas é uma espécie reativa capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos na molécula de DNA por meio de reações enzimáticas (ANDERSON, 1996).

As ERON tais como alcoxila (RO^{\bullet}), peroxila (ROO^{\bullet}), 1O_2 , dentre outros, são formadas nos processos biológicos e causam alterações nas células, agindo diretamente sobre alguns componentes celulares. Desencadeiam reações de oxidação nos ácidos graxos poliinsaturados da membrana lipoprotéica, denominadas de lipoperoxidação, que afetam a integridade estrutural e funcional da membrana celular, alterando sua fluidez e permeabilidade (SHAHIDI & WANASUNDARA, 1992; BAGGIO, 2006).

O envelhecimento da célula, dos tecidos e do organismo como um todo é em parte resultado da ação destas espécies reativas, que por possuírem um elétron livre na última camada eletrônica são muito instáveis e reativas (LANGSETH, 1995). Os seus efeitos sobre o organismo são, de uma maneira geral, nocivos e estão relacionados a cerca de 60 condições

clínicas, entre elas a catarata, a aterosclerose, o câncer e doenças cardiovasculares, alterações no sistema nervoso, entre outras (LANGSETH, 1995).

As fontes endógenas de espécies reativas originam-se de processos biológicos que normalmente ocorrem no organismo, tais como: redução de flavinas e tióis; resultado da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; presença de metais de transição no interior da célula e de sistemas de transporte de elétrons (cadeia respiratória celular). Esta geração de espécies reativas envolve várias organelas celulares, como mitocôndrias, lisossomos, peroxissomos, núcleo, retículo endoplasmático e membranas enquanto as fontes exógenas incluem tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações (SOARES, 2002).

A tabela 1 apresenta as principais fontes endógenas e exógenas de geração de espécies reativas:

Tabela 1: Fontes endógenas e exógenas de geração de espécies reativas

Endógenas	Exógenas
Respiração aeróbica	Ozônio
Inflamações	Radiações gama e ultravioleta
Peroxisomos	Medicamentos
Enzimas do citocromo P450	Dieta
	Cigarro

Fonte: Adaptado de BIANCHI & ANTUNES, 1999.

Em condições normais, a produção de espécies reativas é em grande parte balanceada pelos sistemas de defesa antioxidante do organismo. No entanto, quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas (oxidantes) e as defesas antioxidantes, tem-se a condição chamada de estresse oxidativo, que resulta na indução de danos celulares (SIES, 1993). O envelhecimento da célula, dos tecidos e do organismo como um todo é em parte resultado da ação destas espécies reativas, que por possuírem um elétron livre na última camada eletrônica são muito instáveis e reativas (LANGSETH, 1995). Os danos no DNA causados por essas espécies reativas desempenham um papel importante nos processos de mutagênese e carcinogênese (POULSEN et al., 1998). Os efeitos das espécies reativas sobre o organismo são assim, potencialmente nocivos, e os danos oxidativos induzidos nas células e

tecidos têm sido relacionados com a etiologia de várias condições clínicas incluindo a catarata, a aterosclerose, o câncer, doenças cardiovasculares, alterações no sistema nervoso, algumas doenças pulmonares, entre outras (SHAHIDI & WANASUNDARA, 1992; AMES et al., 1993; WITZUM, 1994; LANGSETH, 1995; ROY & KULKARNI, 1996; STAHL & SIES, 1997; BAGGIO, 2006).

2.2 Defesa antioxidante

As ERO são continuamente produzidas *in vivo*. Consequentemente, os organismos desenvolvem sistemas antioxidantes de defesa, para proteção, como também sistemas de reparação, que previnem o acúmulo de moléculas alteradas por oxidação (HALLIWELL, 1995; DIPLOCH, 1991; GOODE & WEBSTER, 1993). Muitos componentes da dieta, essenciais ou não, podem contribuir para estes sistemas de defesa antioxidantes (DECKER, 1997). A utilização de compostos antioxidantes encontrados na dieta ou mesmo sintéticos é um dos mecanismos de defesa contra as espécies reativas que podem ser empregados nas indústrias de alimentos, cosméticos, bebidas e também na medicina (DOROSHOW, 1983; HALLIWELL et al., 1995; WEIJL et al., 1997).

Entre tais antioxidantes, destacamos alguns nutrientes, várias enzimas e sequestradores não enzimáticos, que fazem um papel protetor crítico contra aos danos oxidativos, atuando sempre em sinergismo, localizados dentro das células ou na circulação sanguínea (ALLEN & VONKAHAJ, 1992; JONES et al.; 1995). Destacam-se, principalmente, os nutrientes antioxidantes, enfocando o papel da dieta na obtenção desses nutrientes com a consequente proteção contra as espécies reativas.

Na tabela 2 estão os principais componentes do sistema de proteção antioxidante:

Tabela 2: Componentes do sistema de proteção antioxidante

Antioxidantes não enzimáticos	Proteínas ligantes de metais	Antioxidantes enzimáticos
• Glutationa	• Ceruloplasmina (cobre)	• Superóxido Dismutase (SOD)
• Ubiquinona (CoenzimaQ)	• Metalotioneína (cobre)	• Catalase (CAT)
• Licopeno	• Albumina (cobre)	• Glutationa Peroxidase (GPx)
• Ácido úrico	• Transferrina (ferro)	
• Bilirrubina	• Ferritina (ferro)	
• NADPH e NADH	• Mioglobina (ferro)	
• Flavonóides		

Fonte: Adaptado de BIANCHI & ANTUNES, 1999.

2.3 Antioxidantes endógenos enzimáticos

2.3.1 Catalase

A catalase é uma enzima intracelular localizada nos peroxissomas de células animais, presente nos principais órgãos, estando especialmente concentrada no fígado e nos eritrócitos. Catalisa a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio a oxigênio e água. Esta enzima também desempenha um papel no metabolismo do álcool (HALLIWELL, 1992; GOOD & VONKAHAG, 1992; MARUBAYASHI, 1989; STEINBERG, 1993).

2.3.2 Glutationa Peroxidase

A enzima glutaciona peroxidase catalisa a redução de hidroperóxidos lipídicos e peróxido de hidrogênio com a concomitante oxidação da glutaciona reduzida (GSH), levando à formação de glutaciona oxidada (GSSG) e água. Esse processo catalítico é diretamente dependente da redução da glutaciona oxidada pela glutaciona redutase. A ação da glutaciona peroxidase, mantendo a continuidade do processo de redução da glutaciona reduzida, assim como sua subsequente regeneração, via glutaciona redutase, tem levado muitos pesquisadores a sugerirem a administração de tióis, como a N-acetil-cisteína ou a própria glutaciona, no sentido da manutenção dos níveis adequados de glutaciona, como forma de proteção

antioxidante (HALLIWELL, 1992; GOOD & VONKAHAG, 1992; MARUBAYASHI et al., 1989; STEINBERG, 1993).

2.3.3 Superóxido Dismutase (SOD)

Em 1968 descobriu-se que uma proteína do eritrócito era capaz de remover cataliticamente os radicais superóxido e, então, essa função ficou identificada como a da enzima superóxido dismutase. A SOD é uma metaloenzima que, em sistemas eucarióticos, possui cobre, zinco e manganês em seu sítio ativo e nos procarióticos contém ferro e manganês. As diferentes formas de SOD catalisam a mesma reação, a de dismutação do radical superóxido: $O_2^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ (estável) (HALLIWELL, 1992; GOOD & VONKAHAG, 1992; MARUBAYASHI et al., 1989; STEINBERG, 1993).

2.3.4 Antioxidantes Endógenos Não enzimáticos

Os autores Halliwell & Wiseman (1996) e Gutteridge (1995) definiram antioxidante como uma substância presente em concentrações baixas, comparadas às concentrações do substrato oxidante, que previne significativamente ou atrasa a oxidação de substratos susceptíveis. Os principais mecanismos de ação de compostos antioxidantes incluem captadores de radicais e supressores de estados excitados; sistemas catalíticos que neutralizam ou eliminam ROS/RNS e a ligação de íons metálicos a proteínas, o que os torna indisponíveis para a produção de espécies oxidantes.

Yeum et al. (2004) mencionam que entre os principais antioxidantes encontrados no plasma humano estão proteínas/peptídeos com grupamento tiol (SH) (800-1000 $\mu\text{mol/L}$), sendo a albumina a principal representante; ácido úrico (150-400 $\mu\text{mol/L}$); ácido ascórbico (30-150 $\mu\text{mol/L}$); tocoferol (20-50 $\mu\text{mol/L}$) e carotenóides (0,08-3 $\mu\text{mol/L}$).

2.4 Papel da dieta na proteção contra espécies reativas

2.4.1 Antioxidantes Exógenos

Sabe-se, atualmente, que as condições de vida, o meio ambiente (ação de poluentes, drogas, estresse físico e mental), fatores genéticos, nutricionais e culturais exercem enorme influência no processo de doenças degenerativas e envelhecimento. A literatura demonstra que uma alimentação natural e equilibrada, com a inclusão de vegetais folhosos, legumes, frutas frescas, nozes, castanhas, cereais integrais, carnes magras, ovos e laticínios reforça o sistema imunológico e combate as espécies reativas e seus efeitos maléficos sobre o organismo (CLARK, 1998).

Já é reconhecida a relação entre ingestão de frutos e vegetais e a diminuição do risco de desenvolvimento de diversas doenças crônico-degenerativas mediadas pela ação de radicais livres. Esses alimentos contêm grande concentração de compostos bioativos que possuem como função fisiológica a ação contra radicais livres (AVELLO & SUWALSKY, 2006).

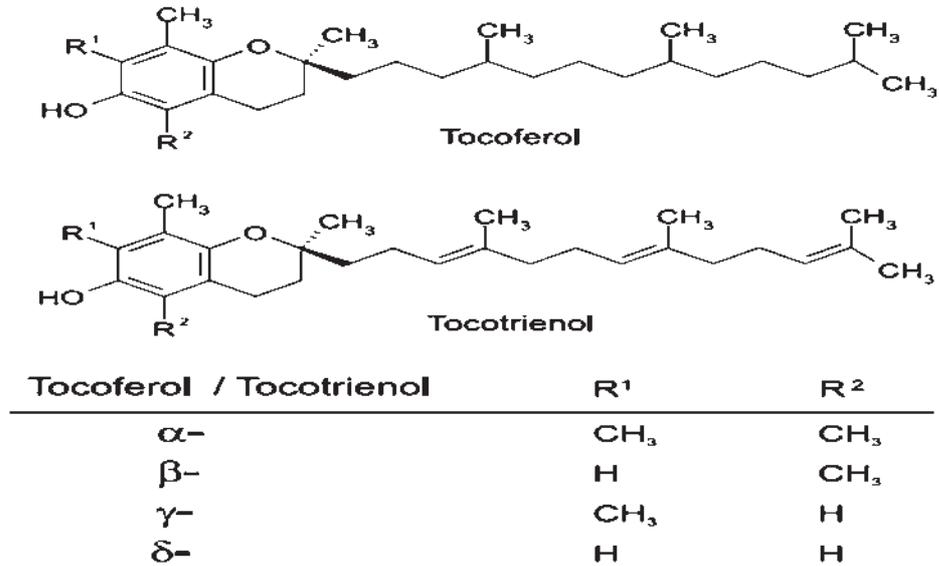
A toxicidade do oxigênio é influenciada pela presença, na dieta, de diferentes quantidades de vitaminas A, E, C, carotenóides, ferro, selênio, enzimas e ácidos graxos poliinsaturados (ASCHERIO et al., 1992; SALONEN et al., 1991).

Vitamina E

Vitamina E é um termo genérico que se refere a tocóis e tocotrienóis (α , β , δ , γ tocoferol e α , β , δ , γ tocotrienol). Todos estes compostos consistem de um núcleo cromanol com uma cadeia alifática lateral. Há 60 anos estudam-se as propriedades da vitamina E contra doenças cardiovasculares, o que se atribui à sua capacidade antioxidante. O potencial antioxidante dos tocoferóis em meio biológico é diferente, sendo $\alpha > \gamma > \delta > \beta$ (MUNTEANU et al., 2004).

A figura 1 apresenta a estrutura química do tocoferol e do tocotrienol.

Figura 1: Estrutura química do tocoferol e do tocotrienol



Fonte: MUNTEANU et al.,(2004)

A sua função como antioxidante na peroxidação das membranas celulares ocorre pelo fornecimento de um átomo de hidrogênio ao radical peróxila formado, agindo como sequestrador de radicais livres, protegendo assim as membranas celulares de possíveis danos e interrompendo assim a reação radicalar em cadeia da lipoperoxidação (BUETTNER; 1993; SIQUEIRA, 1997).

Vitamina C

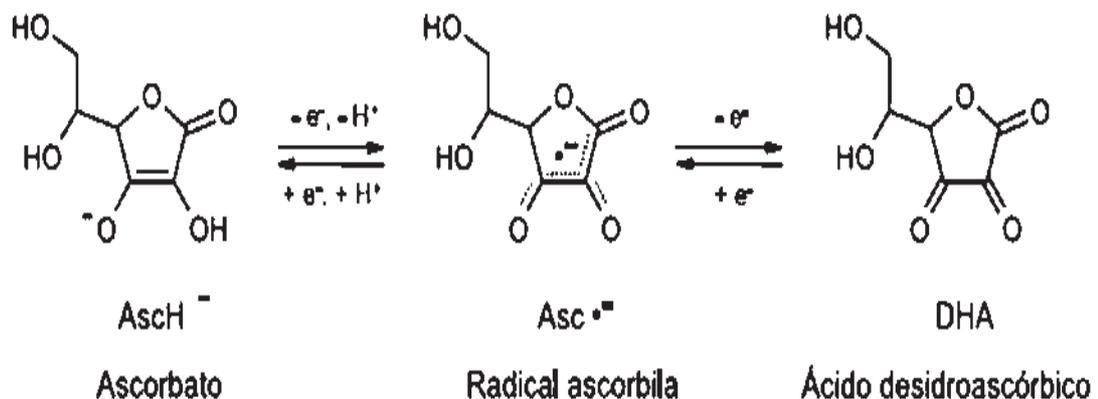
A vitamina C é um nutriente hidrossolúvel envolvido em múltiplas funções biológicas. É cofator de várias enzimas envolvidas na hidroxilação pós-tradução do colágeno, na biossíntese de carnitina, na conversão do neurotransmissor dopamina a norepinefrina, na amidação peptídica e no metabolismo da tirosina. Adicionalmente, é importante na absorção do ferro dietético, devido a sua capacidade de reduzir a forma férrica (Fe³⁺) a ferrosa (Fe²⁺), propiciando absorção do ferro não-heme no trato gastrointestinal (LOUREIRO et al., 2002; KAGAN et al., 1990; HALLIWELL, 2001).

Atualmente a vitamina C é muito estudada no tratamento do câncer. Acredita-se que estimule o sistema imune, iniba a formação de nitrosaminas e bloqueie a ativação metabólica de carcinógenos (HALLIWELL, 2001; GOLD, 2003).

A importância da vitamina C como antioxidante é bem estabelecida, considerando-se as doses recomendadas, geralmente alcançadas por meio da alimentação. Além da captação de espécies reativas, estudos em cultura de células demonstram que a vitamina C pode alterar a expressão de genes envolvidos na resposta inflamatória (Bernotti, et al., 2003), apoptose (Catani et al., 2002) e diferenciação celular (ALCAIN 1994). O mecanismo pelo qual a vitamina C altera a expressão de genes é desconhecido, mas supõe-se que atue indiretamente na expressão gênica, alterando a expressão de genes responsivos a espécies oxidantes ou diretamente, modulando a ligação de alguns fatores de transcrição ao núcleo (LEE, 2003).

Na figura 2 apresenta-se o mecanismo de ação antioxidante do ácido ascórbico. A oxidação do ácido ascórbico por um elétron (e^-) forma o radical ascorbila que, ao ser oxidado novamente, gera ácido desidroascórbico. Os elétrons são recebidos por compostos oxidantes, que são então inativados.

Figura 2: Mecanismo de ação do ácido ascórbico como antioxidante.



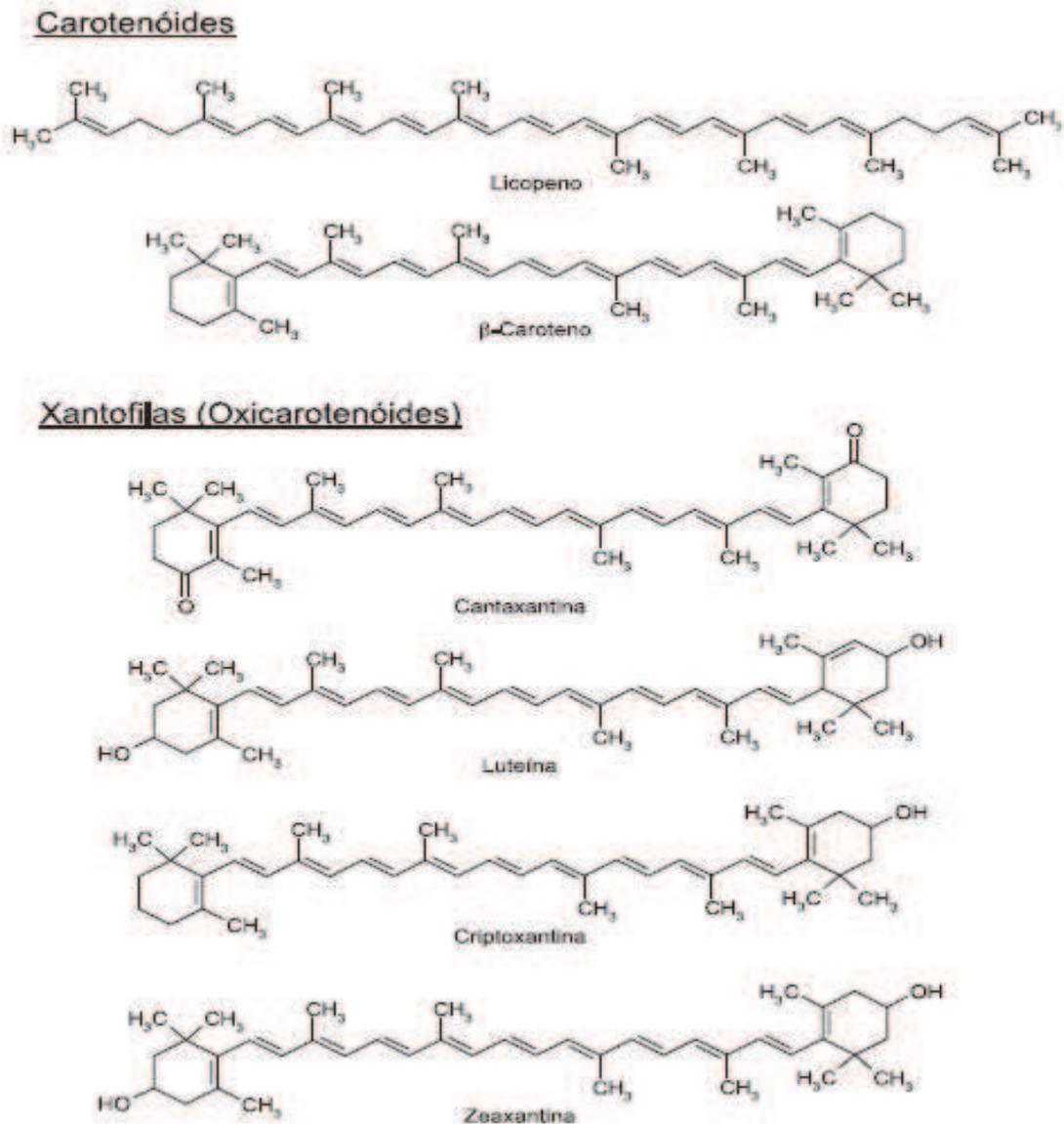
Fonte: Washington, 2000.

Carotenóides

Carotenóides são isoprenóides, geralmente constituídos por 8 unidades de isoprenos, formando uma longa cadeia de polieno que pode conter de 2 a 15 duplas ligações conjugadas, o que permite muitas configurações *cis* e *trans*. São amplamente distribuídos na natureza, sintetizados exclusivamente em plantas e responsáveis pela coloração de frutas e hortaliças (FRASER & BRAMLEY, 2004).

A figura 3 apresenta a estrutura química dos principais carotenóides dietéticos:

Figura 3: Estrutura química dos principais carotenóides dietéticos



Fonte: Fraser, et al., (2004. p.43, 228)

Dos cerca de 600 carotenóides identificados, somente 20 são encontrados em tecidos humanos e são provenientes da dieta. Entre estes, os principais incluem os hidrocarbonetos licopeno e β -caroteno, e as xantofilas, astaxantina, cantaxantina, luteína e zeaxantina. São compostos lipofílicos encontrados em tecido adiposo, lipoproteínas e membranas celulares (EL-AGAMEEY et al., 2004).

As concentrações plasmáticas de carotenóides são bons indicadores do consumo de frutas e hortaliças; evidências epidemiológicas associam altos níveis plasmáticos de β -caroteno e outros carotenóides com risco diminuído de câncer e doenças cardiovasculares. As

propriedades antioxidantes dos carotenóides fundamentam-se na estrutura destes compostos, principalmente no sistema de duplas ligações conjugadas, tornando possível a captação de radicais livres, principalmente o radical alquilperoxila (ROO^\bullet) (YONG & LOWE, 2001; TAPIERU et al., 2004).

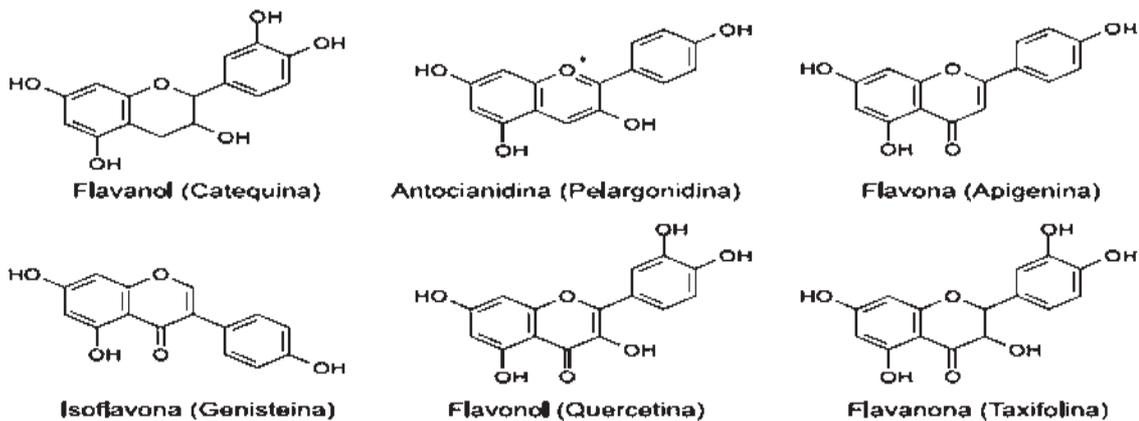
Polifenóis

Polifenóis são os antioxidantes mais abundantes da dieta. O consumo diário pode atingir 1 g, o que é muito maior que o consumo de todos os outros fitoquímicos classificados como antioxidantes (MANACH et al., 2004).

Os principais grupos de polifenóis são os ácidos fenólicos, tendo como exemplos: o ácido clorogênico, presente no café; os estilbenos, como o resveratrol presente nas uvas e vinho; as cumarinas, como as furanocumarinas do aipo; as ligninas, como as lignanas da linhaça; e os flavonóides (MANACH et al., 2004).

A Figura 4 apresenta a estrutura das principais classes de flavonóides:

Figura 4: Estrutura das principais classes de flavonóides



Fonte: Duthie,(2000. p 13, 69); Sun, et al.:(2002. p 32, 314)

Os polifenóis são capazes de captar radicais alcoxila (RO^\bullet), alquilperoxila (ROO^\bullet), superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$), radical hidroxila (HO^\bullet), óxido nítrico (NO^\bullet), além do oxidante peroxinitrito ($\text{ONOO}^-/\text{ONOOH}$). (DUTHIE, 2000).

As ações fisiológicas exercidas pelos polifenóis já foram relacionadas à prevenção de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, entre outras, principalmente em função da elevada capacidade antioxidante (SCALBERT et al., 2005).

Estudos em humanos voltados para a relação entre consumo aumentado de polifenóis e proteção à saúde têm demonstrado, em alguns casos, reduções em indicadores de danos oxidativos a biomoléculas, como excreção urinária de 8-hidroxi-desoxiguanosina, quebra de fitas de DNA e LDL oxidada (WILLIANSO, 2005).

2.5 Frutas vermelhas

Os componentes celulares não são protegidos totalmente por antioxidantes endógenos, e é bem estabelecido que antioxidantes obtidos da dieta são indispensáveis para a defesa apropriada contra oxidação e, portanto, têm importante papel na manutenção da saúde. Os incontestáveis benefícios para a saúde associados ao consumo de frutas e hortaliças devem-se, em parte, à presença de antioxidantes nestes alimentos (LAMPE, 1999).

As frutas, principalmente as que apresentam a coloração vermelha/azul, são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Especialmente os derivados do ácido hidroxibenzóico e do ácido hidroxicinâmico dentre estes citam-se: as antocianinas, os flavonóis, as catequinas e os taninos (hidrolisados ou condensados) nas quais estão frequentemente presentes. Muitos destes compostos apresentam uma grande gama de efeitos biológicos, incluindo ações antioxidantes, antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora. Estes compostos fenólicos apresentam diversas funções de defesa para as plantas, não somente contra agentes do meio ambiente (luz, temperatura e umidade), mas para fatores internos incluindo diferenças genéticas, nutrientes, hormônios, contribuindo para a sua síntese. (AHERNE & O'BRIEN, 2002; BURNS et al., 2001; KÄHKÖNEN, HOPIA & HEINONEN, 2001; SELLAPAN, AKOH & KREWER, 2002; SLUIS et al., 2001; ZHENG & WANG, 2001).

Considerando a importância das frutas vermelhas no que diz respeito aos seus compostos fenólicos, serão abordadas a seguir algumas informações acerca das características, utilização e benefícios de consumo da amora-preta (*Morus nigra L.*), mirtilo

(*Vaccinium myrtillus*), cereja (*Prunus avium*), jabuticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*) e morango (*Fragaria vesca*):

2.5.1 Amora-preta (*Morus nigra L.*)

A amora preta *in natura* é altamente nutritiva, contém 85% de água, 10% de carboidratos, com elevado conteúdo de minerais, vitaminas A, B e cálcio. Pode ser, consumida de várias formas como geléias, suco, sorvete e iogurtes (POLING, 1996).

Entre os constituintes químicos tem-se o ácido elágico, que é um constituinte fenólico de algumas espécies, sendo um produto de hidrólise de elagitaninas que ocorre naturalmente em frutas e nozes (ANTUNES, 2002).

Os fitoquímicos, encontrados naturalmente em frutas e hortaliças, apresentam efeitos benéficos sobre a saúde humana, sendo que muitos destes compostos são encontrados em amora-preta, como os ácidos fenólicos (gálico, hidroxibenzóico, cafeico, cumárico, ferúlico e elágico) e seus derivados, e, também, os flavonóides (catequina, epicatequina, miricetina, quercetina e kaempferol) (PADILHA et al., 2010).

Acredita-se que o consumo regular desta fruta, aliado a um estilo de vida saudável, incluindo dieta equilibrada e exercícios físicos, pode prevenir alguns tipos de doenças crônicas não-transmissíveis (JACQUES et al., 2010). Além disto, alguns compostos encontrados nesta fruta, como as antocianinas, podem ser utilizados na indústria alimentícia como corante natural, seguindo a tendência mundial de redução no uso de corantes artificiais. A purificação e concentração de alguns fitoquímicos da amora-preta, como o ácido elágico, podem ser apresentados na forma de encapsulados, e comercializados como nutracêuticos (Embrapa Clima Temperado 2008).

Extratos de amora-preta têm apresentado efeito anti-mutagênico (TATE et al., 2006) e anti-carcinogênico em linhagens humanas de câncer de útero, câncer de cólon (LAZZE et al., 2004), câncer oral, câncer de mama, câncer de próstata (SEERAM et al., 2006) e câncer de pulmão (DING et al., 2006). Segundo Tate et al. (2004), extratos de amora-preta parecem poder prevenir a formação de metástases. Em muitos casos o efeito anti-carcinogênico da amora-preta ocorre devido ao efeito anti-inflamatório de seus extratos. Demonstrou-se ainda

que a capacidade antioxidante do plasma humano aumenta em 30% após a ingestão de suco contendo amora-preta (NETZEL et al., 2002).

Após o processamento podem ocorrer alterações das características funcionais originais das frutas, mas o impacto do processamento sobre as propriedades funcionais da amora-preta ainda está sendo estudado. Apesar de existirem alguns estudos que relatam algumas alterações como os de Jacques et al., (2009); Chim (2008) e Mota (2006), os quais avaliaram a estabilidade de alguns dos principais fitoquímicos da amora-preta em produtos como polpa, geleia e suco frente ao armazenamento e resfriamento das amostras, a literatura ainda carece de estudos que avaliem os efeitos do processamento por aquecimento nas propriedades nutricionais da amora-preta, o que salienta a importância de se estudar mais a esse respeito.

2.5.2 Mirtilo (*Vaccinium myrtillus*)

O mirtilo, conhecido popularmente como fruta da longevidade, é uma das frutas que mais cresce em consumo no mundo, pelas suas características benéficas à saúde. Possui uma grande variedade de vitaminas e minerais, como A, B, C, K, ácido fólico, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, ferro, manganês, além de açúcares, pectina, tanino, ácidos cítrico, málico e tartárico, resveratrol. Possui baixo teor de gordura e sódio (MORAZZONI & BOMBARDELLI, 1996). Possui baixo valor calórico, aproximadamente 45 kcal em meia xícara de chá equivalente a 75g de fruta fresca (SOUSA et al., 2007).

Podem ser consumidos *in natura* ou após processamento, congelamento, desidratação e enlatamento, quando utilizados na fabricação de sorvetes, bolos, tortas, geleias, licores, sucos entre outros produtos (FACHINELLO, 2008).

Sua disponibilidade, versatilidade, e variedade de formas durante quase todo o ano permitem que o mirtilo seja incorporado em uma ampla variedade de formulações (PAYNE, 2005).

2.5.3 Cereja (*Prunus avium*)

As cerejas contêm vitaminas hidrossolúveis (C, B), vitaminas lipossolúveis (A, E e K), carotenóides como o beta-caroteno, e em menor grau, luteína e zeaxantina. As cerejas ácidas contêm um nível elevado de compostos fenólicos (FERRETTI, et al., 2010).

Os níveis mais elevados de compostos fenólicos totais em cerejas têm sido atribuídos à maior concentração de antocianinas e ácidos hidroxicinâmicos (KIM et al., 2005). Esses compostos fenólicos com atividades biológicas têm sido recentemente investigados em diferentes modelos experimentais. Relatam-se propriedades antioxidante, anti-inflamatória e anti-cancro (FERRETTI, et al., 2010).

2.5.4 Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora berg*)

As jabuticabas são ricas em micronutrientes, como sais minerais, vitaminas e taninos, além de fibras. (PEREIRA apud CITADIN et al., 2005). A casca da jabuticaba é rica em nutrientes como carboidratos, fibras, carotenóides, flavonóides, minerais e alguns monossacarídeos como a xilose, utilizados como adoçante para diabéticos. Em geral, esse fruto possui as seguintes vitaminas: B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), e também apresenta em sua composição vitamina C (ácido ascórbico) com valores médios de 23 mg por 100g de polpa e minerais, onde destaca-se o ferro, cálcio, fósforo e potássio (LEUNG & FLORES 6 apud OLIVEIRA et al., 2003).

Usada na fabricação de geleias dessa fruta, normalmente as cascas e sementes são desprezadas. Estes juntos representam aproximadamente 50% da fruta. Escassos estudos são encontrados na literatura quanto aos constituintes químicos, sobretudo os compostos bioativos, principalmente em relação às frações da fruta, sendo estas apenas em publicações de abrangência local (PEREIRA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2003).

2.5.5 Morango (*Fragaria vesca*)

O morango é rico em vitamina C, uma vitamina hidrossolúvel de extrema importância para o organismo humano e encontrada em frutos cítricos. Além dessa vitamina, o morango possui compostos fenólicos que raramente são encontrados na forma livre, podendo estar

ligados a proteínas, lipídeos, terpenóides, ácido hidroxicinâmico, carboidratos e podendo formar ésteres com ácidos orgânicos (KAYS, 1991).

2.6 Processamento de alimentos

Nicoli (1999) apontou diferentes consequências da armazenagem e processamento sobre as propriedades antioxidantes de alimentos, como a perda de antioxidantes naturalmente presentes, melhora da capacidade antioxidante de compostos naturalmente presentes, formação de novos compostos com atividade antioxidante ou pró-oxidante ou, ainda, nenhuma mudança na concentração de antioxidantes naturalmente presentes.

A característica antioxidante da vitamina C, da vitamina E, dos carotenóides e dos compostos fenólicos os torna susceptíveis à degradação por oxidação, que pode ser influenciada pela presença de oxigênio, luz, calor e íons metálicos (BRITTON, 1995; DAVEY, 2000).

O emprego de calor é o método mais comum para aumentar a vida de prateleira dos produtos, possibilitando a inativação ou inibição do crescimento de micro-organismos e enzimas (ELES-MARTÍNE & MARTÍN-BELLOSO, 2007). Contudo, uma série de mudanças indesejáveis ocorre nos alimentos tratados pelo calor, como a alteração no sabor, na cor e na textura e a destruição de vitaminas (BUTZ & TAUSCHER, 2002). Mudanças nos hábitos dos consumidores, que buscam, cada vez mais, alimentos nutritivos e próximos do alimento fresco, têm obrigado as indústrias a buscarem novas formas de tecnologia que agredam menos o alimento, como os tratamentos que não utilizam altas temperaturas e aqueles que utilizam controle de umidade (VEGA-MERCADO et al., 1997).

2. 6.1 Desidratação

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, normalmente significa remoção da umidade de sólido por evaporação, e tem por objetivo assegurar a conservação das frutas por meio da redução do seu teor de água. Essa redução deve ser efetuada até um ponto, onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes seja

suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de micro-organismos. Deve ainda conferir ao produto final características sensoriais próprias e preservar ao máximo o seu valor nutricional (CANO-CHAUCA et al., 2004).

A desidratação é um processo que consiste na eliminação de água de um produto por evaporação, com transferência de calor e massa. É necessário fornecimento de calor para evaporar a umidade do produto e um meio de transporte para remover o vapor de água formado na superfície do produto a ser seco. O processo de secagem pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio mais utilizado na secagem comercial, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto. Durante o processo de secagem, a umidade migra do interior para a superfície do produto, de onde se evapora para o ambiente (MELONI, 2003).

2.6.2 *Sous Vide*

O termo "*sous vide*" significa "sob vácuo" e descreve uma técnica de processamento de alimentos preparados na hora em que são selados a vácuo em embalagens individuais e, em seguida, pasteurizados em combinações de tempo e temperatura suficientes para destruir patógenos vegetativos, mas leve o suficiente para maximizar as características sensoriais do produto (PECK, 1997; RHODEHAMEL, 1992).

Este acondicionamento deve estar associado à refrigeração ou ao congelamento dos alimentos. Por isso, ao eliminar o oxigênio, o crescimento de alguns germes é limitado e a oxidação, retardada (alteração de cor, gosto entre outras) (SEBESS, 2007).

A vida de prateleira de um produto *sous vide* pode ser tão longo como 42 dias. A redução da necessidade de conservantes e intensificadores de sabor, melhor preservação das vitaminas, e retenção da maior parte dos sucos alimentares originais contribuem para uma maior qualidade de alimentos *sous vide* durante as refeições convencionais. As condições favoráveis para o cozimento a vácuo são a temperatura em torno de 65°C, higiene, boa qualidade, manipulação correta, conservação a frio a 2°C, congelamento a -18°C, acidez e radiações (SCHELLEKENS, 1996).

2.6.3 Micro-ondas

O forno de micro-ondas passou a fazer parte da vida cotidiana nos últimos vinte anos. Talvez o ponto mais favorável na sua utilização, em relação ao fogão, está relacionado com o menor tempo requerido para efetuar o cozimento dos alimentos. Por exemplo, uma batata pode ser cozida em aproximadamente 8 minutos, enquanto que seriam requeridos 45 minutos em um forno convencional (BARBOZA, 2001 apud WATKINS, 1983). Em um forno de micro-ondas caseiro, as ondas são geradas em um magnetron, um aparelho a vácuo que converte energia elétrica alternada em micro-ondas, guiadas para a cavidade do forno e refletidas para as paredes deste. Assim, as substâncias que se encontram no interior do forno absorvem esta energia em diversos pontos e as transferem para o resto do corpo. Conseqüentemente, ao contrário do aquecimento convencional, onde uma substância é aquecida de fora para dentro, no interior de um forno de micro-ondas o que ocorre é uma geração de calor no interior dos alimentos para a parte externa dos mesmos (SADICOFF, AMORIM, 2000).

Segundo Barboza et al. (2001), na frequência dos fornos de micro-ondas domésticos, a absorção de energia pela água não é máxima, no entanto foi otimizada para permitir máxima penetração das micro-ondas nos alimentos. O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia, seja grande. Portanto, tão logo as moléculas de água sofram certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um realinhamento. O alinhamento e realinhamento das moléculas com elevada frequência produz grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento (BARBOZA et al., 2001; ALMEIDA et al., 2010)

Um dos mais interessantes aspectos relacionados com o forno de micro-ondas é o aquecimento seletivo. Diferente do forno elétrico ou de combustão, onde todos os corpos que estão no interior do forno sofrem aquecimento por igual, no forno de micro-ondas o aquecimento dependerá do material presente no seu interior. Assim, é comum observar que partes do recipiente que contém o alimento recém-aquecido no forno de micro-ondas, mas que não estão em contato direto com o mesmo, não são igualmente aquecidos e continuam na temperatura próxima à do ambiente (BARBOZA et al, 2001).

Almeida et al. (2010) refere que micro-ondas são utilizadas não só para aquecer, mas também para esterilizar e secar alimentos. Como o aquecimento é rápido, as vitaminas,

nutrientes, sabor e a cor do produto alimentar são preservados; a pasteurização e esterilização muito rápidas diminuem a perda de nutrientes, sabor e cor do alimento.

2.6.4 Fervura

A cocção é um processo que compreende todas as trocas químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocados intencionalmente por efeito do calor. Esse processo desagrega as estruturas alimentares, melhorando a palatabilidade e a digestibilidade (TSCHEUSCHNER, 2001). Na cocção, o aquecimento é resultado do aporte de energia ao sistema, decorrente da transferência de calor (GIRARD, 1991). Nos diferentes métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos (GARCIA-ARIAS et al., 2003; POTTER & HOTCHKISS, 1995).

2.6.5 Frutas *in natura* x frutas processadas

Considerando a crescente demanda por uma alimentação cada vez mais saudável e boa parte baseada em frutas que contenham elevadas quantidades de antioxidantes, por seus potenciais benefícios à saúde, e considerando também que as frutas são consumidas muitas vezes processadas, e não apenas *in natura*, nessa dissertação estudou-se o efeito do processamento por diferentes métodos (*sous vide*, fervura, micro-ondas e desidratação) sobre as propriedades antioxidantes de frutas vermelhas (amora, mirtilo, cereja, jabuticaba e morango), a fim de avaliar qual deles proporciona um melhor aproveitamento das propriedades antioxidantes das frutas vermelhas.

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção e preparação da amostra

As frutas foram adquiridas no Mercado Público da cidade de Porto Alegre no estado do Rio Grande do Sul, sendo todas provenientes do mesmo lote e estando todas maduras, portanto estando sempre no mesmo estado de maturação. Amostras de 115 a 215 g de cada fruta foram lavadas em água corrente, e processadas por cocção por *sous vide*, cocção em micro-ondas, desidratação e cocção através de fervura.

O critério adotado para escolha do tempo de cozimento baseou-se na textura pretendida. Para que todas as frutas obtivessem a mesma textura independente do tipo de cozimento, o grau de amolecimento foi avaliado subjetivamente por pressão das frutas com uma colher, até alcançarem uma consistência de purê. Cabe ressaltar nesse momento que a intenção foi a de mimetizar o uso doméstico dos processamentos por calor, possibilitando ao consumidor o uso aplicado dos conhecimentos gerados nesse estudo, desde que reproduzidas as mesmas preparações, nas mesmas condições a seguir descritas.

3.1.1 Cocção por *sous vide*

Para cocção em *sous vide* utilizou-se o equipamento SWID – Sous vide Cooker by Addelice e a seladora – Sulpack. Respeitou-se a seguinte ordem para cocção: a fruta inteira foi introduzida na bolsa para cozimento a vácuo e logo submetida à cocção a uma temperatura de 80°C. O tempo de cocção foi determinado de acordo com a necessidade de cada fruta até que ficassem em forma de purê. Logo depois de processadas foram submetidas a resfriamento rápido no equipamento Wictory da marca Ltedesco para serem armazenadas em freezer.

3.1.2 Cocção por fervura

Para cocção em fervura foi utilizado um fogão industrial da marca Tedesco, painéis de aço inox e fogo médio. A fruta foi adicionada na panela junto com 100 mL a 150 mL de água ainda fria, de acordo com as necessidades individuais do cozimento doméstico de cada uma

delas. O tempo foi determinado de acordo com a necessidade de cada fruta até que ficassem em forma de purê. Logo depois de processadas foram submetidas a resfriamento rápido no equipamento Wictory da marca Ltedesco e armazenadas em freezer.

3.1.3 Cocção por micro-ondas

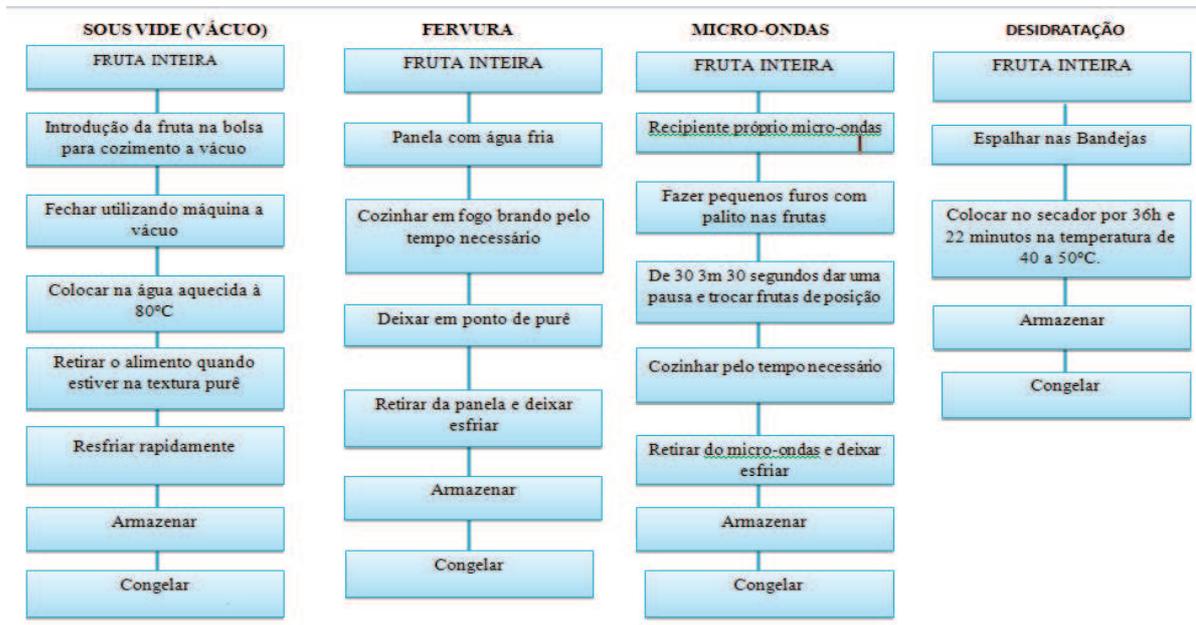
Para cocção em micro-ondas utilizou-se um equipamento da marca Brastemp. A fruta inteira foi colocada em um recipiente adequado para o forno de micro-ondas, tendo sido perfurada para que liberasse a sua água, e de 30 em 30 segundos o forno era aberto e a preparação mexida com uma colher para chegar à forma de purê, novamente enfatizando aqui a intenção de mimetizar o uso doméstico desse processamento. Logo depois de processadas foram submetidas a resfriamento rápido no equipamento um equipamento Wictory da marca Ltedesco para serem armazenadas em freezer.

3.1.4 Desidratação

Para desidratação utilizou-se um desidratador de alimentos doméstico da marca Fun Kitchen, em temperatura entre 40C° e 50C° onde as frutas inteiras foram espalhadas nas bandejas e deixadas por período suficiente para sua desidratação. Todas as frutas foram pesadas antes e após a desidratação, a fim de determinar o teor de umidade de cada uma delas e assim avaliar sua perda de água nesse processo. Logo depois de processadas foram submetidas a resfriamento rápido no equipamento um equipamento Wictory da marca Ltedesco para serem armazenadas em freezer.

A figura 5 apresenta o esquema de como foi realizado todo o processo:

Figura 5: Etapas dos processos aos quais as frutas vermelhas foram submetidas.



As figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam o registro fotográfico dos processos a que cada fruta foi submetida. Apesar de as figuras a seguir contemplarem apenas o morango, o mesmo serviu apenas como exemplo, visto que todas as frutas avaliadas nesse trabalho foram submetidas aos mesmos processos, que foram executados sempre da mesma forma para cada uma delas.

Figura 6: Registro fotográfico do processamento por *sous vide* a que cada fruta foi submetida.



Figura 7: Registro fotográfico do processamento por fervura a que cada fruta foi submetida



Figura 8: Registro fotográfico do processamento por micro-ondas a que cada fruta foi submetida



Figura 9: Registro fotográfico do processamento por desidratação a que cada fruta foi submetida



A tabela 3 apresenta a fruta, o processamento e o tempo utilizado para cada fruta.

Tabela 3: Frutas, processamentos e tempos usados para obtenção de cada amostra.

FRUTAS	COCÇÃO	COCÇÃO	COCÇÃO	
	<i>SOUS VIDE</i>	MICRO-ONDAS	FERVURA	DESIDRATAÇÃO
AMORA	35 minutos	2 minutos	8 minutos/50 mL de água	36 horas e 22 minutos
CEREJA	70 minutos	3 minutos	15 minutos/100 mL de água	36 horas e 22 minutos
JABUTICABA	60 minutos	2 minutos	10 minutos/50 mL de água	36 horas e 22 minutos
MIRTILO	48 minutos	1 minuto	10 minutos/50 mL de água	36 horas e 22 minutos
MORANGO	41 minutos	2 minutos	5 minutos/100 mL de água	36 horas e 22 minutos

Depois de descongeladas, as frutas foram todas submetidas a uma extração para posterior avaliação de conteúdo de compostos fenólicos e de atividade antioxidante.

3.2 Obtenção dos extratos da fruta

O método de extração utilizado foi adaptado de Larrauri et al. (1997). Para tal foram utilizados de 1 g a 25 g de amostra, de acordo com a fruta. Após pesagem da amostra, 40 mL de uma solução de metanol a 50% foram adicionados, a mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se a mistura a 15.000 rpm durante 15 minutos em centrífuga 5804R, marca Eppendorf (Alemanha). A seguir, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 40 mL de acetona 70%, homogeneizou-se e deixou-se em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a 15.000 rpm durante 15 minutos em centrífuga 5804R, marca Eppendorf (Alemanha), transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completou-se o volume a 100 mL com água destilada.

A seguir, os extratos foram avaliados quanto ao seu conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, através dos métodos de captura do radical ABTS e de captura do radical DPPH conforme descrito a seguir.

3.3 Determinação da Atividade Antioxidante

3.3.1 Determinação da atividade antioxidante total pelo método de captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)

Este método está baseado na captura do radical DPPH por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 515nm, e foi realizado de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (RUFINO et al., (2007).

A partir de uma solução inicial de DPPH de 60 μ M, preparou-se uma curva padrão de DPPH com concentrações variando de 10 μ M a 50 μ M. Em ambiente escuro, realizou-se a leitura das absorvâncias de cada um dos pontos da curva em espectrofotômetro a 515 nm. Utilizou-se metanol, como branco, para zerar o espectrofotômetro.

Para a determinação da atividade antioxidante total dos extratos obtidos transferiu-se uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio contendo 3,9 mL da solução de DPPH 60 μ M, homogenizou-se e foram lidas as absorvâncias a 515 nm em espectrofotômetro UV-VIS 2600 da marca SHIMADZU. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A partir da curva padrão de DPPH foram calculadas as quantidades de amostra necessárias para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC_{50}). A EC_{50} é inversamente proporcional a atividade antioxidante total da amostra. Os resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH foram expressos em EC_{50} (g fruta/g DPPH).

3.3.2 Determinação da atividade antioxidante total pelo método de captura do radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzo-tiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS)

Este método está baseado na captura do radical ABTS, gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática, por compostos antioxidantes de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSK et al., 2005). A medida dessa atividade foi realizada de acordo com a metodologia descrita por RUFINO et al.(2007).

O radical ABTS foi preparado a partir da reação de 5 mL da solução de ABTS 7 mM com 88 μ L da solução de persulfato de potássio 140 mM. Manteve-se a solução no escuro, à temperatura ambiente, por 16 horas. No dia da análise preparou-se uma solução com 1 mL desta mistura mais 100 mL de álcool etílico até obter uma absorvância de $0,70 \pm 0,05$ a 734 nm.

Preparou-se uma curva padrão de trolox com concentrações variando de 100 μM a 2000 μM , a partir de uma solução padrão de 2 mM que foi utilizada posteriormente para o cálculo da atividade antioxidante das amostras. Realizou-se a leitura dos pontos da curva após 6 minutos, a 734 nm, em espectrofotômetro UV-VIS 2600 da marca SHIMADZU, utilizando álcool etílico como branco para zerar o equipamento.

Para a determinação da atividade antioxidante total das amostras, realizada em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 30 μL de cada diluição dos extratos para tubos de ensaio contendo 3 mL da solução de ABTS, e homogenizou-se. Após 6 minutos, foi realizada a leitura das absorbâncias a 734 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados da atividade antioxidante pelo método ABTS foram expressos em mg Equivalentes de Trolox (ET)/g de fruta.

3.4 Determinação do conteúdo de Compostos Fenólicos Totais

O conteúdo de compostos fenólicos foi medido de acordo com o método de Meda et al. (2005).

A determinação de compostos fenólicos utilizou uma curva padrão de ácido gálico, a partir de uma solução de concentração 0,25 mg/mL, para o cálculo final.

Para análise das amostras pipetou-se 50 μL de amostra em tubos de ensaio e adicionou-se 1,25 mL de Folin 0,2 M e, por fim, 1 mL de Na_2CO_3 a 7,5%. Após 2 horas de incubação em local escuro e à temperatura ambiente, realizou-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro UV-VIS 2600 da marca SHIMADZU a 760 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos em mg de Equivalentes de Ácido Gálico (EAG)/g de fruta.

3.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente no software SPSS Statistics 21.0 (IBM) através da análise de variância de uma via (ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Bonferroni quando o valor de F foi significativo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As preparações domésticas têm grande influência na qualidade dos alimentos, podendo mudar atributos sensoriais e o valor nutritivo de maneira positiva ou negativa (BERNHADT & SCHLI, 2006).

No presente estudo, fez-se a investigação do conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante de frutas vermelhas (amora, morango, cereja, mirtilo e jaboticaba) *in natura* e também submetidas a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação, a fim de avaliar o efeito desses processamentos sobre as propriedades antioxidantes das frutas estudadas. Cabe ressaltar novamente que a intenção foi a de mimetizar o uso doméstico dos processamentos por calor, possibilitando ao consumidor o uso aplicado dos conhecimentos gerados nesse estudo, desde que reproduzidas as mesmas preparações, nas mesmas condições descritas no presente trabalho.

Diversas técnicas têm sido amplamente utilizadas na literatura para se determinar a atividade antioxidante *in vitro* de alimentos e produtos naturais, de forma a permitir rápida seleção de fontes promissoras de compostos com propriedades antioxidantes. Essas técnicas variam amplamente em seu fundamento, mecanismo, expressão de resultados e aplicação, cada uma tendo sua vantagem bem como sua limitação. Atualmente, o DPPH ainda é um dos métodos mais utilizados para verificação da atividade antioxidante. Porém, essa metodologia é limitada, pelo fato de os radicais DPPH poderem interagir com outros radicais, como o radical alquil, e também pelo fato de a curva de resposta para atingir a estabilidade da reação não ser linear, o que acarreta variações nos resultados. O ABTS, por sua vez, também é muito utilizado, e apresenta melhor estabilidade. O radical DPPH já vem pronto para uso, e é solúvel em solventes orgânicos, enquanto o ABTS necessita ser gerado quimicamente, e é solúvel tanto em água quanto em solventes orgânicos, o que permite a análise de misturas complexas, tanto hidrofílicas quanto lipofílicas, constituindo-se essa sua grande vantagem (ARNAO, 2000). Considerando a existência de vantagens e limitações de cada uma, optou-se por seguir neste trabalho o recomendado na literatura, de que sejam utilizadas mais de uma metodologia para compor um perfil de atividade antioxidante mais abrangente.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no presente trabalho para o conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante para cada uma das frutas e processos avaliados.

4.1 Amora

A amora-preta apresenta-se como uma fonte importante de compostos fenólicos bioativos, destacando-se a presença das antocianinas, cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo; dos flavonóis, quercetina e kaempferol; dos flavanóis, catequina e epicatequina; e dos ácidos fenólicos, ácido p-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido elágico e o ácido gálico (MÄÄTÄ-RIIHINENN et al., 2004; SIRIWOHARN et al., 2004).

Os compostos fenólicos da amora-preta merecem atenção, devido à sua atividade antioxidante. A capacidade de inativação dos radicais livres pelos compostos fenólicos vem sendo atribuída à presença de grupamentos hidroxilas (OH), que possuem capacidade de doar hidrogênio aos radicais livres presentes no organismo, impedindo assim sua ação, que poderia causar danos e/ou oxidação de componentes celulares (SEVERO et al., 2009).

Uma ampla variabilidade de valores de conteúdo de compostos fenólicos para a amora está presente na literatura, variando desde 261,95 mg equivalente de ácido gálico/100g de fruta fresca até 1938,70 mg equivalente de ácido gálico/100g de fruta fresca (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2008; CHIM, 2008; JACQUES, 2009). Esta variabilidade no conteúdo de fenóis pode estar relacionada à diferença de metodologias empregadas na extração da amostra para a determinação do conteúdo dos compostos fenólicos totais, pela diferença de safra, clima ou pela região de cultivo das plantas.

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da amora.

Tabela 4: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da amora *in natura* ou submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora <i>in natura</i>	115,00 ± 3,61	639,53 ± 8,27	58,10 ± 3,75
Amora <i>Sous vide</i>	112,33 ± 3,21	725,96 ± 9,92	122,44 ± 2,98**
Amora Micro-ondas	172,00 ± 2,64**	1744,91 ± 65,31**	13,46 ± 0,08**
Amora Fervura	100,00 ± 1,73	670,16 ± 11,64	50,42 ± 0,85
Amora Desidratação^a	633,33 ± 23,09	4960,41 ± 78,63	9,08 ± 0,10

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP). **diferença estatisticamente significativa em relação à amora *in natura* para um p < 0,01. ^a = não comparado estatisticamente com os demais processos.

As tecnologias de processamento alimentar, tais como o tratamento térmico, enzimático, fermentação, desidratação e radiação podem afetar a composição fenólica e a qualidade alimentar (CANTOS et al., 2001).

Os resultados obtidos no presente estudo para o conteúdo de compostos fenólicos da amora *in natura* são superiores aos relatados na literatura, o que pode ser devido à diferença de método extração. No estudo realizado por Vizzotto e Pereira (2011) utilizando o método Folin-Ciocalteu e vários solventes para extração de compostos fenólicos em amora-preta *in natura* concluiu que o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante variaram em função do solvente utilizado. O conteúdo de compostos fenólicos totais utilizando água como solvente foi de 427 mg/100 g fruta, utilizando metanol foi de 672 mg/100g fruta, utilizando Etanol foi de 711 mg/100 g fruta, e utilizando acetona foi de 1022 mg/100g fruta.

Os resultados do presente trabalho encontram um pouco superiores aos descritos na literatura. Alguns autores têm observado que o conteúdo dos compostos fenólicos nas frutas tem variado expressivamente quando comparados os sistemas de cultivos, diferentes localidades, tipos de solo, radiação ultravioleta, clima e diferentes cultivares (WANG; ZHENG; GALLETTA, 2002; ASAMI et al., 2003; HAKALA et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; WANG et al., 2008; GIOVANELLI; BURATTI, 2009; TULIPANI et al., 2009). Dessa forma, é possível que também no presente estudo fatores como o tempo de extração, solvente utilizado, cultivar, safra, entre outros, possam ter contribuído para essa diferença de valores observada.

O teor de umidade da amora no presente estudo foi de 71,28%. Assim como a amora, todos os demais frutos *in natura* analisados nesse trabalho apresentaram elevado teor de umidade. Valores semelhantes a este foram encontrados na tabela Taco (2011): abacaxi (86,3%), manga (85,8%), maracujá (82,9%), melão (91,3%), tamarindo (22%), acerola (93,6%). De acordo com Potter e Hotchkiss (1999), as hortaliças e frutas possuem valores de umidade maiores que 70 % e, frequentemente, superam 85%. A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. O teor de umidade de um alimento está relacionado com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar o armazenamento, embalagens e processamento (CHAVES et al., 2004).

Com relação ao processamento, observou-se que a amora processada por desidratação apresentou uma alta atividade antioxidante e alto conteúdo de compostos fenólicos. Esse achado pode ser explicado pelo fato de o processamento por desidratação causar poucas alterações no alimento, sendo algumas delas desejáveis como a perda de água, com a

consequente concentração dos nutrientes por unidade de massa. As propriedades sensoriais, principalmente a textura, e o valor nutritivo, especialmente as vitaminas, por outro lado, são afetadas negativamente quando expostas às altas temperaturas em tempo prolongado, porém as perdas são pequenas (SILVA, 2000).

O processo de desidratação, por ocasionar grande perda de água, não foi comparado estatisticamente com os demais, constando na tabela apenas para demonstrar sua alta atividade antioxidante e alto conteúdo de compostos fenólicos, devido ao efeito de concentração da amostra. Esse achado sugere um possível benefício do uso da fruta desidratada em diversas preparações, e torna seu consumo potencialmente interessante, visto que a ingestão de uma menor quantidade de fruta desidratada já é capaz de conferir grande potencial antioxidante à mesma. O consumidor vem aumentando suas exigências no sentido de obter produtos que mantenham características o mais próximo possível do material fresco e que tragam facilidades no manuseio e preparo (MEDINA, 1978), como podemos observar no consumo de frutas desidratadas.

Avaliando os diferentes métodos de cocção, observou-se que a amora submetida ao processamento por micro-ondas teve conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante significativamente maiores do que a amora *in natura*, para um $p < 0,01$. Por outro lado, o conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da amora submetida à fervura foi estatisticamente menor que o conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da amora submetida ao micro-ondas, para um $p < 0,01$, sugerindo uma possível perda de conteúdo de compostos fenólicos após a fervura em relação ao processo de micro-ondas. Esse achado está de acordo com relatos na literatura que mostram haver uma perda nutricional quando determinados alimentos (ou frutas) são submetidos à cocção por fervura. A perda da capacidade antioxidante após a fervura já foi observado para couve, espinafre, repolho, repolho do pântano, chalota e brócolis (ISMAIL et al. 2004; ZANG e HAMAUZU, 2004). Sabe-se que o processo de cozimento pode reduzir o teor de vitamina C e o conteúdo de fenólicos nos vegetais. A perda global de antioxidantes (por oxidação), como no caso da vitamina C ou por uma simples difusão na água de cozimento como no caso dos compostos fenólicos, resulta na diminuição da capacidade antioxidante (SUCUPIRA, 2012).

4.2 Cereja

A cereja tem na sua composição diferentes compostos fenólicos (Gao & Mazza, 1995; Gonçalves et al., 2004; Kim et al., 2005; Mozetic et al., 2006), que estão implicados na

atividade antioxidante total. Tanto a concentração destes compostos, quanto a atividade antioxidante da cereja mostraram ser dependentes da cultivar e das condições climáticas da mesma (GONÇALVES et al., 2004).

Segundo Gao e Mazza (1995), a cereja é rica em compostos fenólicos, nomeadamente em ácidos fenólicos (ácidos hidroxicinâmicos) e flavonóides (antocianinas). Segundo Yilmaz e Toledo (2004), os compostos fenólicos atuam como agentes terapêuticos num elevado número de patologias, tendo um papel importante na inibição da carcinogênese, mutagênese e doenças cardiovasculares, estando esta inibição relacionada com a sua atividade antioxidante. Estes compostos têm ainda atividade anti-inflamatória, evitam a aglomeração das plaquetas sanguíneas e a ação dos radicais livres no organismo, protegendo desde o DNA até os lipídios e proteínas (Halliwell, 1990).

Já foram identificados na cereja por HPLC-DAD, quatro grupos de compostos fenólicos: ácidos hidroxicinâmicos e três grupos de flavonoides: (flavan-3-óis, flavonóis e antocianinas) (Gonçalves & Silva, 2008). Velioglu et al. (1998) apresentaram uma concentração de compostos fenólicos na cereja de 2098 mg/100 g massa fresca. Gao & Maza (1995) apresentam resultados de um estudo realizado com frutos de 11 cultivares de cereja doce e híbridos, referente aos teores de antocianinas e outros compostos fenólicos: para as cerejas de coloração escura descreveram um teor total de antocianinas de 82 a 297 mg/100 g de fruto descaroçado, e 2 a 41 mg para as cerejas pouco coradas. Na cereja, os ácidos hidroxicinâmicos mais comuns são ésteres dos ácidos cafeico e p-cumárico (com ácido D-quínico e D-glucose). Alguns exemplos são o ácido neoclorogénico (ácido 3-O-cafeoilquínico com níveis entre 24 e 128 mg/100 g de fruto descaroçado e ácido (3, 4 ou 5) p-cumaroilquínico (Figura 3) entre 23 e 131 mg/100 g) verificando-se, então, uma grande variação das quantidades relativas destes dois ácidos fenólicos nas cultivares estudadas) (Silva & Alarcão, 1999) e, em menor quantidade, o ácido clorogénico (ácido 5-O-cafeoilquínico) (Herrmann, 1989; Gao & Mazza, 1995; Gonçalves et al., 2004; Gonçalves & Silva, 2008).

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da cereja.

Tabela 5: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da cereja *in natura* ou submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Cereja <i>In Natura</i>	67,00 ± 4,35	441,03 ± 7,42	23,63 ± 0,57
Cereja <i>Sous Vide</i>	108,00 ± 9,16**	584,62 ± 14,89**	52,64 ± 1,11**
Cereja Micro-ondas	169,33 ± 1,15**	1467,03 ± 74,41**	8,63 ± 0,30**
Cereja Fervura	122,00 ± 2,00**	658,10 ± 5,74**	160,23 ± 0**
Cereja Desidratação^a	135,00 ± 1,00	1224,58 ± 25,73	93,95 ± 3,61

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).**diferença estatisticamente significativa em relação à cereja *in natura* para um $p < 0,01$. ^a = não comparado estatisticamente com os demais processos.

Os resultados obtidos no presente estudo para o conteúdo de compostos fenólicos da cereja *in natura* são superiores aos relatados na literatura. Velioglu et al. (1998) determinaram a concentração de compostos fenólicos de diferentes produtos vegetais e a cereja revelou um conteúdo de compostos fenólicos totais de 2098 mg/100g em equivalentes de ácido gálico (peso fresco). Vázquez et al. (2003), estudando sobre o valor nutracêutico de cerejas e suas propriedades antioxidantes e hipertensivas, encontrou um conteúdo de compostos fenólicos de $362,2 \pm 11,6$ mg em equivalentes de ácido gálico/100 g de fruta fresca e $2056,07 \pm 108,0$ μ M TE/100 g de cereja fresca na análise de antioxidantes pelo método DPPH. Novamente fatores como tempo de extração, solvente utilizado, cultivar, safra, entre outros, podem ter contribuído para essa diferença de valores observada.

O teor de umidade da cereja no presente estudo foi de 80,83%, havendo elevada perda de água no processo de desidratação. Observou-se que a amora processada por desidratação apresentou uma alta atividade antioxidante e alto conteúdo de compostos fenólicos, novamente mostrando os efeitos benéficos da perda de água no processo, promovendo a concentração da amostra. Por esse motivo, novamente a desidratação não foi comparada estatisticamente aos demais processos.

Observou-se que na cereja submetida aos processos de *sous vide*, micro-ondas, fervura o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante foi significativamente maior do que na amostra *in natura* para um $p < 0,01$. Não foram encontrados na literatura relatos que possam explicar esse aumento especificamente em relação à cereja *in natura*. No entanto, há estudos realizados com outros alimentos que serão descritos a seguir. Segundo Moritz e Tramonte (2006), a biodisponibilidade do licopeno parece estar relacionada às formas

isoméricas apresentadas, sendo o calor responsável pela modificação da sua forma isomérica. O processamento de alimentos tem demonstrado aumentar a biodisponibilidade de licopeno, devido à liberação da matriz do alimento. Com isso, molho de tomate e purê de tomate são tidos como melhores fontes biodisponíveis de licopeno do que as demais fontes de alimentos não cozidos, tais como o tomate cru (BOILEAU et al., 2002). Parece que o tratamento térmico e a homogeneização mecânica do tomate aumentam a absorção do licopeno nos tecidos corporais. Mas esse cozimento diminui alguns componentes benéficos, como os flavonóides, vitamina C e vitamina E. Essa melhoria da biodisponibilidade pode ocorrer devido à presença de lipídeos na dieta, à isomerização induzida pelo calor formando mais cis-isômeros e à presença de outros carotenóides, como o betacaroteno (WILLCOX et al., 2003). Assim como ocorre no licopeno, em que sua biodisponibilidade parece ser maior em produtos que utilizam tomates cozidos, é possível que o mesmo também aconteça com as frutas vermelhas. No entanto, mais estudos devem ser realizados para investigar esta hipótese.

Em relação à fruta *in natura* o processo de *sous vide* teve um aumento no conteúdo de compostos fenólicos e na atividade antioxidante, mas esse aumento foi menor que o processamento por micro-ondas para um $p < 0,01$. A fervura teve um conteúdo estatisticamente superior à amostra *in natura* e estatisticamente inferior ao micro-ondas para um $p < 0,01$. No processamento por micro-ondas, o que parece ocorrer, segundo Almeida et al. (2010), é que como alimento é aquecido no seu todo, uniformemente, e o aquecimento é rápido, as vitaminas, nutrientes, sabor e a cor do produto alimentar são melhor preservados.

Usenik et al. (2008) sugeriram, numa experiência realizada com frutos de treze cultivares de cereja doce provenientes da Eslovénia, que a atividade antioxidante da cereja não está simplesmente relacionada com compostos fenólicos (incluindo antocianinas); isto porque cultivares com baixo teor de compostos fenólicos (e antocianinas) apresentaram elevada atividade antioxidante (Usenik et al., 2008).

Na avaliação da atividade antioxidante, a cereja, quando submetida aos processos de *sous vide*, micro-ondas, fervura, quando comparados com a fruta *in natura*, tiveram aumento estatisticamente significativo da atividade antioxidante da cereja para um $p < 0,01$.

Em relação ao processamento de *sous vide* o processo de micro-ondas aumentou estatisticamente a atividade antioxidante para um $p < 0,01$ enquanto que o mesmo se verificou para o processamento de fervura, onde o micro-ondas também aumentou estatisticamente a atividade antioxidante da fruta para um $p < 0,01$.

Não foram encontrados na literatura estudos similares ao presente. Porém, Zhang & Hamazu (2004) observaram que o percentual de redução do teor de ácido ascórbico em brócolis cozido em forno de micro-ondas foi menor do que o cozido em água em ebulição. Howard et al. (1999), ao estudarem a influência do processamento térmico no teor de ácido ascórbico e β -caroteno em hortaliças folhosas, observaram que a cocção em forno de micro-ondas não afetou a concentração de ácido ascórbico, mostrando que o processamento por micro-ondas parece realmente preservar melhor as propriedades nutricionais dos alimentos em relação ao processamento por fervura.

4.3 Jabuticaba

Uma ampla variabilidade de valores de conteúdo de compostos fenólicos para a jabuticaba está presente na literatura, variando desde 111,2 até 672 mg de ácido gálico /100g fruta (SILVA et al. (2010); ANTUNES et al. (2006) ; PEREIRA et al. (2007); MOURA et al. (2009); KUKOSKI et al. (2006). Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com os já descritos na literatura, conforme podemos observar na Tabela 6.

Tabela 6: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da jabuticaba *in natura* ou submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Jabuticaba <i>In Natura</i>	173,00 ± 5,56	1434,09 ± 32,96	13,05 ± 0,01
Jabuticaba <i>Sous Vide</i>	358,66 ± 8,32**	3667,18 ± 34,29**	19,50 ± 0,24
Jabuticaba Micro-ondas	586,00 ± 25,51**	6080,36 ± 143,09**	57,73 ± 2,74**
Jabuticaba Fervura	552,00 ± 7,00**	5806,18 ± 233,40**	36,50 ± 2,51**
Jabuticaba Desidratação^a	138,33 ± 3,05	1305,02 ± 50,20	61,96 ± 3,09**

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).**diferença estatisticamente significativa em relação à jabuticaba *in natura* para um $p < 0,01$. ^a = não comparado estatisticamente com os demais processos.

A jabuticaba, quando submetida ao processamento por *sous vide*, micro-ondas e fervura demonstrou um aumento significativo do conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante pelo ABTS quando comparada com a fruta *in natura* para um $p < 0,01$. Houve, no entanto, uma pequena inconsistência quando comparadas as atividades antioxidantes da jabuticaba pelos diferentes métodos avaliados (ABTS e DPPH). Diversos

relatos na literatura mostram que, quando se analisa a atividade antioxidante de várias amostras por métodos distintos, é possível encontrar maior atividade antioxidante por um método para uma amostra, enquanto que pelo outro método pode-se encontrar atividade antioxidante maior para a outra amostra, não seguindo necessariamente o mesmo padrão de comportamento para a atividade antioxidante (Pellegrini et al., 2003; Melo et al., 2006). Essa aparente discrepância pode ser explicada pelas diferenças de características tanto metodológicas quanto amostrais avaliadas. Theron (2010) observou que amostras de hortaliças não se comportam da mesma forma para todas as metodologias, possivelmente devido a diferenças na composição química das mesmas, e também aos diferentes meios e princípios de análise. Nesse mesmo estudo, Theron (2010) observou que a quantidade de compostos fenólicos de hortaliças nem sempre se correlaciona diretamente com a atividade antioxidante avaliada; isso ressalta que compostos fenólicos distintos ou outros de natureza não fenólica podem contribuir para a apresentação de atividades diferentes, e que nem sempre a presença de altos teores de determinadas classes de compostos determinará maior atividade antioxidante. Mais estudos serão necessários para melhor elucidar a discrepância observada no presente estudo para a atividade antioxidante da jabuticaba.

Em um estudo realizado por Silva et al., (2010), analisando teores de antocianinas totais, polifenóis totais e atividade antioxidante dos extratos antociânicos obtidos a partir de cascas de jabuticaba encontrou valores conteúdo de polifenóis totais de $636,23 \pm 0,48$ (mg de ácido gálico/100g fruta) e de atividade antioxidante de $723,84 \pm 37,00$ (μM de Trolox/g fruta). O teor de umidade da jabuticaba no presente estudo foi de 59,96%. No presente estudo parece ter havido uma maior disponibilização do conteúdo de compostos fenólicos quando a fruta inteira (polpa e casca) foi submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas e fervura em relação à fruta *in natura*, sugerindo que esses métodos potencializem a atividade antioxidante.

4.4 Morango

Entre os principais compostos fenólicos encontrados em morangos pode-se destacar os flavonóis: quercetina, kaempferol, kaempferol-3-(6'-cumaroil) glicosídeo, as antocianinas: cianidina-3-glicosídeo, pelargonidina, pelargonidina-3-glicosídeo, pelargonidina-3-rutinosídeo e os ácidos fenólicos: 3,4,5-trihidroxifenil-ácido acrílico, éster de glicose (E)

ácido p-cumárico e ácido elágico (ZHANG et al., 2008). O principal grupo dos compostos fenólicos presente no morango é o grupo dos flavonóides, estes têm demonstrado propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (MEYERS et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; TULIPANI et al., 2009).

A atividade antioxidante está diretamente relacionada aos compostos fenólicos no fruto, sendo o conteúdo de flavonóis e antocianinas presentes em quantidades expressivas no morango (WANG; JIAO, 2000; VINSON et al., 2001; SUN et al., 2002; MEYERS et al., 2003), além da vitamina C (HANNUM, 2004; PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008).

A Tabela 7 apresenta os valores obtidos para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do morango.

Tabela 7: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do morango *in natura* ou submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Morango <i>In Natura</i>	127,66 ± 6,65	611,22 ± 20,18	35,15 ± 0,66
Morango <i>Sous Vide</i>	113,66 ± 29,02	588,93±13,96	39,41 ± 2,07
Morango Micro-ondas	162,33± 2,88	1558,90±133,61**	13,22 ± 0,26**
Morango Fervura	98,00 ± 2,64	604,09 ±11,33	47,12 ± 2,58**
Morango Desidratação^a	665,66 ± 11,54	4473,19 ± 94,00	6,10 ± 0,02

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).**diferença estatisticamente significativa em relação ao morango *in natura* para um p < 0,01. ^a = não comparado estatisticamente com os demais processos.

Na análise do conteúdo de compostos fenólicos, o morango desidratado apresentou um alto conteúdo de compostos fenólicos. O teor de umidade do morango determinado no presente estudo foi de 88,97%, o que indica ser muito alta a perda de água no processo de desidratação, com a conseqüente concentração da amostra.

No estudo realizado por Cordenunsi et al, (2005), sobre o efeito do processamento e armazenamento no teor de fenólicos e capacidade antioxidante, a temperatura de armazenamento na composição química e atividade antioxidante de três cultivares de morango mostrou que em baixas temperaturas o teor de antocianinas e vitamina C eram afetados negativamente enquanto os teores de fenólicos totais e ácido elágico livre não eram

afetados. No presente estudo, observou-se que os processamentos que envolviam calor também não afetaram significativamente a quantidade de conteúdo de compostos fenólicos totais, no entanto a fruta submetida à desidratação apresentou um alto conteúdo de compostos fenólicos totais, possivelmente por efeito de concentração da amostra.

O morango quando processado por micro-ondas teve atividade antioxidante significativamente maior quando comparado com o morango *in natura* e quando submetida a processamento por *sous vide* e fervura para um $p < 0,01$.

Em um estudo realizado por Silva et al. (2006) sobre o teor de ácido ascórbico no suco de laranja *in natura* e submetido aos diferentes métodos de cocção demonstrou que a cocção da preparação à base de laranja no micro-ondas preservou mais o antioxidante do que a preparação cozida em água (fervura). Eles relatam também um aumento do teor de sólidos totais na preparação cozida em micro-ondas em relação à *in natura*, por efeito da concentração por desidratação (perda de água durante o cozimento). É possível que isso também ocorra com as amostras desse estudo.

4.5 Mirtilo

O mirtilo, conhecido popularmente como fruta da longevidade, é uma das frutas que mais cresce em consumo no mundo, pelas suas características funcionais importantes à saúde. Possui uma grande variedade de vitaminas e minerais, como A, B, C, K, ácido fólico, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, ferro, manganês, açúcares, pectina, tanino, ácidos cítrico, málico e tartárico, resveratrol. Possui baixo teor de gordura e sódio, dentre outras. (MORAZZONI & BOMBARDELLI, 1996).

A Tabela 8 apresenta os valores obtidos para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do mirtilo.

Tabela 8: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante do mirtilo *in natura* ou submetida a processamento por *sous vide*, micro-ondas, fervura e desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Mirtilo <i>In Natura</i>	30,33 ± 0,53	142,56 ± 2,39	12,80 ± 0,02
Mirtilo <i>Sous Vide</i>	147,33 ± 1,15**	79,04 ± 3,93	125,32 ± 2,38**
Mirtilo Micro-ondas	146,66 ± 2,30**	816,13 ± 6,12**	89,09 ± 3,22**
Mirtilo Fervura	144,00 ± 3,46**	661,67 ± 12,97**	81,93 ± 5,81**
Mirtilo Desidratação^a	99,33 ± 0,57	1100,00 ± 61,66	4,69 ± 0,05

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).**diferença estatisticamente significativa em relação ao mirtilo *in natura* para um p < 0,01. ^a = não comparado estatisticamente com os demais processos.

Alguns estudos presentes na literatura avaliaram o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante do mirtilo. O presente estudo, porém, revelou valores de conteúdo de compostos fenólicos para a fruta *in natura* inferiores aos relatados em outros estudos. No estudo realizado por Spagollia et al. (2009), a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos do mirtilo foi significativamente diferente entre as duas extrações avaliadas (extração hidroetanólica e hidrometanólica), sendo que as amostras de frutas frescas apresentaram valores totais, em média, 22,1 vezes maior que os conteúdos encontrados para cada tratamento extrativo realizado nas amostras de frutas secas. O teor total de compostos fenólicos, nas amostras de extratos hidroalcoólicos de mirtilo foi de 680 mg/100 g de fruta fresca (UR = 85%) e de 34 mg/ 100 g de frutas secas. No estudo realizado por Pertuzatti (2009), sobre compostos bioativos em diferentes cultivares de mirtilo. Verificou-se que o conteúdo de compostos fenólicos totais diferiu significativamente entre as partes do fruto analisadas, e também houve diferença entre as cultivares. A polpa apresentou teores de compostos fenólicos totais 72% inferiores aos da casca para cultivar Delite até 90% inferiores para a cultivar Bluebelle, indicando que a grande concentração de compostos fenólicos parece estar presente na casca do mirtilo. Os teores de compostos fenólicos totais no fruto inteiro variaram entre 612,61 e 876,53 mg/ 100 g, na casca variaram entre 1005,17 e 1637,58 mg/100g e na polpa variaram entre 155,51 e 359,55mg /100 g. Kalt et al. (1999) analisaram o teor de polifenóis em duas espécies distintas, highbush e slowbush, encontrando valores, respectivamente, de 227 e 277 mg/ g. Prior et al. (1998), observaram várias amostras e encontraram um valor intermediário de 260,90 mg/ 100 g. Essa variação de resultados pode ser justificada de acordo com o relatado por Richard et al. (2002), que afirma que o conteúdo

de polifenóis no mirtilo varia de acordo com a espécie, variedade, maturidade, solo, regiões e práticas de cultivo, como também pode ser verificado no estudo de Prior et al. (1998) no qual os mirtilos cultivados com maior maturidade aumentaram 169% do valor dos polifenóis totais.

O teor de umidade do mirtilo determinado no presente estudo foi de 47,28%, sendo o menor teor de umidade dentre as frutas vermelhas estudadas.

Na avaliação do conteúdo dos compostos fenólicos no presente trabalho, o que se observou foi que o mirtilo processado por *sous vide*, micro-ondas e fervura teve um conteúdo de compostos fenólico estatisticamente superior ao da fruta *in natura*, para um $p < 0,01$.

Na avaliação da atividade antioxidante pelo método ABTS, o mirtilo quando submetido aos processamentos de micro-ondas e fervura teve um aumento estatisticamente significativo da capacidade antioxidante quando comparado com a fruta *in natura*, para um $p < 0,01$. Assim como para o observado na jabuticaba, para o mirtilo também foi observada uma pequena discrepância de resultados de avaliação da atividade antioxidante entre os diferentes métodos utilizados (ABTS e DPPH), e também desses resultados em relação ao conteúdo de compostos fenólicos totais. Novamente ressaltamos o estudo de Theron (2010), que observou que a quantidade de compostos fenólicos de hortaliças nem sempre se correlaciona diretamente com a atividade antioxidante avaliada, e que compostos fenólicos distintos ou outros de natureza não fenólica podem contribuir para a apresentação de atividades diferentes medidas por métodos de análise distintos.

4.6 Frutas vermelhas *in natura*

O consumo de frutas *in natura* vem aumentando na dieta dos consumidores que buscam maior valor nutritivo, efeitos terapêuticos e diferentes fitoquímicos que possuam atividade antioxidante e que possam relacionados com o retardo do envelhecimento e a prevenção de doenças, como câncer e problemas cardíacos (SEVERO et al., 2007).

A evidência científica de que dietas ricas em frutas e hortaliças protegem contra câncer e doenças degenerativas é cada vez mais forte e consistente (MARCHAND, 2002). A identificação dos alimentos com atividade preventiva pode levar a meios adicionais de proteção e ao consumo de alimentos específicos por indivíduos de risco. Experimentos

realizados no Centro de Pesquisa em Nutrição Humana do USDA, em Tufts, Arkansas, EUA, mostraram que o aumento na capacidade antioxidante do plasma humano já pode ser detectado após uma refeição rica em alimentos considerados antioxidantes, ou após o aumento no número de porções de frutas e hortaliças consumidas por dia (PRIOR, 2002).

A tabela 9 apresenta os valores obtidos para determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas vermelhas *in natura*.

Tabela 9: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas *in natura*.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora	115,00 ± 3,61	639,53 ± 8,27	58,10 ± 3,75
Morango	112,33 ± 3,21	611,22 ± 20,18	35,15 ± 0,66
Mirtilo	172,00 ± 2,64	142,56 ± 2,39	12,80 ± 0,28
Cereja	100,00 ± 1,73	441,03 ± 7,42	23,63 ± 0,57
Jaboticaba	633,33 ± 23,09	1434,09 ± 32,96	13,05 ± 0,11

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).

Quando comparamos o conteúdo de compostos fenólicos das frutas *in natura* entre si, a fruta que apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos foi a jaboticaba, seguida do mirtilo. A jaboticaba e o mirtilo apresentaram conteúdo de compostos fenólicos significativamente superior a todas as demais frutas analisadas ($p < 0,01$). Esses resultados estão em parte de acordo com alguns relatos da literatura, como o de Kuskoski et al. (2006) analisaram a quantidade de polifenóis em polpas de diversas frutas tropicais, e verificaram que a concentração de compostos fenólicos no mirtilo é superior ao dos frutos silvestres jambolão, açaí e morango, que totalizaram respectivamente 229,6 mg de EAG/100 g, 136,8 mg de EAG/100 g e 132,1 mg de EAG/100 g. Quanto à atividade antioxidante, a jaboticaba foi a fruta que apresentou um diferença significativamente maior, tanto pelo método do ABTS quanto do método DPPH, enquanto que o mirtilo apresentou também uma das maiores atividades antioxidantes apenas quando foi utilizado o método do DPPH. Novamente aqui relembremos os achados presentes na literatura que mostram a possibilidade de se encontrar padrões de comportamento distintos para uma mesma amostra quando analisada por metodologias diferentes (Pellegrini et al., 2003; Melo et al., 2006).

4.7 Frutas vermelhas processadas

Boa parte dos estudos a respeito da perda de antioxidantes em alimentos processados refere-se a alimentos industrializados. Poucos são os estudos até o momento que avaliaram a estabilidade de compostos antioxidantes em frutas vermelhas frente ao processamento doméstico utilizando altas temperaturas, o que pode ter grande influência na qualidade do alimento podendo mudar atributos sensoriais e valor nutritivo de maneira positiva ou negativa.

Nos distintos métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos (ARAUJO et al., 2008; GONSALVES E LEMOS, 2005).

O grau de cozimento é definido por uma combinação de tempo e temperatura de aquecimento, cuja intensidade não só atua na destruição de microrganismos e enzimas, mas também modifica as propriedades organolépticas e nutricionais do produto cozido (ARAUJO et al., 2008).

A opção em desenvolver a dissertação nesta linha ocupando preparações domésticas foi um grande desafio. A preparação de alimentos na cozinha doméstica e feita geralmente de forma empírica, obedecendo a normas tradicionais e tendo como finalidade maior agradar. O presente trabalho valorizou os diferentes processos de cocção, utilizou as condições domésticas de tempo para cada uma das frutas, até atingir a forma de purê, da mesma maneira que o consumidor utilizaria na sua casa, de forma aplicada, visando como já foi mencionado a aplicação dos conhecimentos provenientes desse trabalho diretamente no cotidiano do consumidor final.

4.7.1 Frutas vermelhas submetidas à cocção por *sous vide*

A cocção *sous-vide* começou a ser empregada no início dos anos 1960, sendo usada em restaurantes, *catering* e processamento industrial (particularmente para carnes e produtos cárneos). Este método está se tornando cada vez mais popular, pois oferece alimentos convenientes, prontos para comer, de alta qualidade sensorial, evita perdas por evaporação de água e de aromas voláteis durante o tratamento térmico, ao mesmo tempo em que

também mantém a qualidade nutricional, reduzindo a perda de nutrientes por lixiviação e oxidação durante a preparação e armazenamento refrigerado (COBOS; DIAZ, 2007).

A tabela 10 apresenta os valores obtidos para determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas submetidas a processamento por *sous vide*.

Tabela 10: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas à cocção por *sous vide*.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora	112,33 ± 3,21	725,96 ± 9,92	122,44 ± 2,98
Morango	113,66 ± 29,02	588,93±13,96	39,41 ± 2,07
Mirtilo	147,33 ± 1,15	79,04 ± 3,93	125,32 ± 2,38
Cereja	108,00 ± 9,16	584,62±14,89	52,64 ± 1,11
Jaboticaba	358,66 ± 8,32	3667,18 ± 34,29	19,50 ± 0,24

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).

Dentre as frutas submetidas ao processamento por *sous vide*, a jaboticaba foi a que apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, sendo significativamente superior aos das demais frutas, para um $p < 0,01$. O mesmo foi observado para a atividade antioxidante, tanto pelo método do ABTS quanto pelo método do DPPH, em que a jaboticaba foi a fruta que apresentou resultados estatisticamente significativos.

4.7.2 Frutas vermelhas submetidas à cocção por micro-ondas

O forno de micro-ondas doméstico opera em aproximadamente 2450 MHz; nesta frequência, a absorção da água não é máxima, no entanto foi otimizada para permitir máxima penetração das micro-ondas nos alimentos. O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia seja grande. Assim, com a passagem de micro-ondas na cavidade do forno que contém certo material que possui água, a direção do campo muda $2,45 \times 10^9$ vezes por segundo. Portanto, tão logo as moléculas de água sofram certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um realinhamento. O alinhamento e ou realinhamento das moléculas com elevada frequência produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento. (BARBOSA, et al., 2001). Talvez o ponto mais

favorável na sua utilização, em relação ao fogão, esteja relacionado com o menor tempo requerido para efetuar o cozimento dos alimentos (BARBOSA et al., 2001)

A tabela 11 apresenta os valores obtidos para determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas submetidas a processamento por micro-ondas.

Tabela 11: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas à cocção por micro-ondas.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora	172,00 ± 2,64	1744,91 ± 65,31	13,47 ± 0,08
Morango	162,33 ± 2,88	1558,90 ± 133,61	13,22 ± 0,26
Mirtilo	145,66 ± 4,04	816,13 ± 6,12	89 ± 3,22
Cereja	169,00 ± 1,00	1467,03 ± 74,41	8,63 ± 0,03
Jaboticaba	575,3333 ± 25,73	6080,36 ± 143,09	57,76 ± 2,74

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).

Dentre as frutas submetidas ao processamento por micro-ondas a jaboticaba foi a que mais apresentou conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método ABTS, sendo significativamente superior às demais frutas, para um $p < 0,01$, enquanto que pelo método do DPPH a cereja foi a fruta que apresentou a maior atividade, possivelmente devido às diferenças de constituintes de cada fruta, bem como às diferenças metodológicas de cada um dos métodos avaliados.

Apesar de existirem na literatura poucos relatos especificamente sobre a cocção das frutas, alguns autores avaliaram alguns efeitos do cozimento sobre outros alimentos. Benassi & Antunes (2002), estudaram a cinética de degradação da vitamina C no cozimento doméstico de vegetais e observaram que a solubilização desta vitamina é minimizada no processo de cocção em forno de micro-ondas, o que pode levar a maior retenção de ácido ascórbico quando comparado à cocção em água. Além disso, o menor tempo empregado na cocção em forno de micro-ondas pode ter contribuído para minimizar a perda do ácido ascórbico. A cocção em forno de micro-ondas permite alcançar temperaturas superiores à do forno convencional o que, teoricamente, resultaria em perda mais expressiva de ácido ascórbico por degradação térmica. No entanto, esta redução pode ser minimizada pelo fato de a cocção em micro-ondas permitir um aquecimento mais uniforme e mais rápido do alimento, quando comparado ao cozimento convencional em que a condução do calor se processa de

maneira mais lenta (GESTER, 1989). Se esse evento ocorrer também nas frutas avaliadas nesse trabalho, é possível que explique, ao menos em parte, alguns dos achados observados. Mais estudos, no entanto, serão necessários para avaliar os efeitos da cocção sobre o conteúdo de ácido ascórbico das frutas estudadas e poder, assim, responder a essa questão.

4.7.3 Frutas vermelhas submetidas à cocção por fervura

Os métodos de cocção se classificam de acordo com o tipo de calor empregado, que pode ser úmido, seco ou misto (ARAÚJO et al., 2007)

A cocção por calor úmido utiliza meio aquoso (água, sucos, leite ou outras bebidas) que atuam hidratando o alimento e dissolvendo as substâncias químicas responsáveis pelos parâmetros sensoriais e outros elementos hidrossolúveis que participam do sabor da preparação. A cocção em fervura é um tipo de cocção por calor úmido em que o alimento é submerso em meio aquoso fervente até que esteja pronto para o consumo (ARAÚJO et al., 2007).

O cozimento em água fervente pode determinar um colapso da estrutura lignocelulósica de produtos vegetais, resultando em despolimerização dos componentes da lignina. Como consequência, os compostos fenólicos são liberados a partir da matriz dos vegetais. Durante a fervura, os compostos solúveis em água podem migrar para água de fervura, enquanto no vapor, o contato direto com a água impede a solubilização (XU E CHANG, 2008).

A tabela 12 apresenta os valores obtidos para determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas submetidas à cocção por fervura.

Tabela 12: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas à cocção por fervura.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora	100,00 ± 1,73	670,16 ± 11,64	50,42 ± 0,85
Morango	98,00 ± 2,64	604,09 ± 11,33	47,12 ± 2,58
Mirtilo	144,00 ± 3,46	661,67 ± 12,97	81,93 ± 5,81
Cereja	122,00 ± 2,00	658,10 ± 5,74	160,23 ± 0
Jaboticaba	555,33 ± 9,07	5806,18 ± 233,40	36,50 ± 2,51

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).

Dentre as frutas submetidas ao processamento por fervura, a jabuticaba foi a que mais apresentou conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, sendo significativamente superior às demais frutas, para um $p < 0,01$.

4.7.4 Frutas vermelhas submetidas à desidratação

O processo de redução de água das frutas é empregado para melhorar a estabilidade, de modo a minimizar as reações microbiológicas e enzimáticas que ocorrem durante o armazenamento das mesmas, assim como agregar valor ao produto acabado e diminuir os desperdícios na colheita (KLUGE, 2002).

A tabela 13 apresenta os valores obtidos para determinação do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas vermelhas submetidas à desidratação.

Tabela 13: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutas vermelhas submetidas à desidratação.

	Compostos fenólicos (mg EAG/g fruta)	Atividade Antioxidante – ABTS (mg ET/g fruta)	Atividade Antioxidante – DPPH EC ₅₀ (g fruta/g DPPH)
Amora	633,33 ± 23,09	4960,41 ± 78,63	9,08 ± 0,10
Morango	665,66 ± 1,54	4473,19 ± 94,00	6,10 ± 0,02
Mirtilo	99,33 ± 0,57	1100,00 ± 61,66	4,69 ± 0
Cereja	135,00 ± 1,00	1224,58 ± 25,73	93,95 ± 3,61
Jabuticaba	138,33 ± 3,05	1305,02 ± 50,20	61,96 ± 3,09

Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão (DP).

Dentre as frutas submetidas à desidratação o morango e a amora foram as que mais apresentaram conteúdo de compostos fenólicos e de atividade antioxidante, tanto pelo método do ABTS quanto pelo método do DPPH, enquanto que o mirtilo apresentou a maior atividade antioxidante apenas quando analisado pelo método do DPPH, sendo significativamente superior às demais frutas, para um $p < 0,01$. O teor de umidade de todas as frutas avaliadas foi determinado, conforme já mencionado, variando de 47,68% para o mirtilo a 88,97% para o morango; o mirtilo então representa a fruta de menor perda potencial de água e menor possibilidade de concentração de amostra, enquanto que o morango representa a fruta com maior perda potencial de água e maior possibilidade de concentração de amostra, o que pode

em parte explicar os achados de uma alta atividade antioxidante e alto conteúdo de compostos fenólicos para o morango desidratado, bem como baixa atividade antioxidante e baixo conteúdo de compostos fenólicos para o mirtilo submetido à desidratação. Mais estudos, porém, se fazem necessários para melhor esclarecer essa questão. No entanto, esses achados reforçam fortemente a idéia de que o consumo da fruta desidratada pode ser benéfico, visto que a ingestão de uma menor quantidade de fruta desidratada já é capaz de conferir grande potencial antioxidante à mesma, aliado ao fato de este processo agregar maior praticidade de consumo, juntamente com a manutenção ou até exacerbação de suas propriedades antioxidantes.

CONCLUSÃO

No presente trabalho foi possível observar que a jabuticaba, de uma forma geral, foi a fruta que apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante dentre todas as frutas vermelhas estudadas, em todos os processos avaliados, com exceção da desidratação, na qual amora e morango tiveram os maiores resultados. Além disso, foi possível observar também que as frutas em geral processadas por cocção em micro-ondas apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante do que as submetidas aos demais processos. As frutas em geral submetidas ao processo de desidratação apresentaram elevada atividade antioxidante e elevado conteúdo de compostos fenólicos, sugerindo que a perda de água com a consequente concentração da amostra parece apresentar potenciais benefícios para o consumo das frutas desidratadas. Os resultados obtidos demonstram haver clara influência do tipo de processo a que a fruta é submetida sobre as propriedades antioxidantes da mesma. Independente disso, a exposição das frutas vermelhas ao calor influenciou o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidantes das frutas vermelhas positivamente em quase todos os processos avaliados. Novos estudos, no entanto, se fazem necessários a fim de melhor esclarecer o efeito do processamento sobre a atividade antioxidante das frutas vermelhas.

Um aspecto a ressaltar é o de que muitos dados de tabelas de composição nutricional representam os alimentos crus, enquanto que muitos deles são consumidos após serem processados, armazenados e/ou preparados de várias maneiras, o que pode afetar, ao menos em parte, sua composição química e propriedades nutricionais (GONSALVES et al., 2011). Isso alerta para a necessidade de algumas informações adicionais serem talvez futuramente inseridas aos rótulos dos alimentos, considerando possíveis processamentos prévios ao consumo, a fim de permitir ao consumidor ter o melhor aproveitamento possível do alimento, a partir da escolha do método de processamento mais adequado para aquele alimento específico, ou seja, que melhor preserve ou até mesmo intensifique suas propriedades nutricionais.

Apesar de a comparação dos resultados obtidos com os da literatura ter sido dificultada por alguns fatores como a variedade de metodologias usadas para determinar o conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas vermelhas em outros estudos, bem como as diferenças existentes em função de variedade, condições de cultivo, clima e grau de maturação das frutas, os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que

as frutas vermelhas avaliadas possuem enorme potencial como fonte de antioxidantes, devendo ser mais profundamente estudadas a fim de possibilitar melhor caracterização e talvez permitir o isolamento de compostos bioativos. Futuramente, se a eficácia antioxidante das frutas vermelhas for comprovada também *in vivo*, é possível que se mostrem benéficas para contribuir para o retardo do envelhecimento, bem como para a atenuação e prevenção de diversas doenças nas quais o estresse oxidativo esteja envolvido.

REFERÊNCIAS

AHERNE, S.A.; O'BRIEN, N.M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition. New York**: v. 18,n. 1, p. 75-81, 2002.

ALCAIN, F. J.; Buron, M. I.; *J. Bioenerg. Biomembr.* **1994**, 26, 393.

ALLEN, R. G.; VONKAHAJ, V. S. Oxidants and antioxidants in development and differentiation. **J. Nutr.**,122: 631-635, 1992.

ALMEIDA D.; ROCHA J.; LAGES S.; COIMBRA H. **Micro-ondas**: Processamento geral de alimentos. Escola Superior Agrária de Coimbra. 2010

ALMEIDA, F. de A.C.; ALMEIDA, S.A. de; SANTOS, N.R. dos; GOMES, J.P.; ARAÚJO, M.E.R. Efeitos de extratos alcoólicos de plantas sobre o caruncho do feijão vigna (*Callosobruchus maculatus*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.585-590, 2005.

AMES, B.N., SHIGENAGA, M.K., HAGEN, T.M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington DC**, v.90, n.17, p.7915-7922, 1993.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v.350, n.1, p.103-108, 1996.

ANTUNES, L. E. C.; Amora-preta: Nova opção de Cultivo no Brasil. Santa Maria: **Ciência Rural**, v. 32, n.1 p. 151-158, 2002.

ANTUNES, L.E.C.; RASEIRA, M.C.B. Cultivo do mirtilo (*Vaccinium* spp.). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (**Embrapa Clima Temperado**. Sistema de Produção, 8) 99p., 2006.

ARAÚJO WMC, MONTEBELLO NP, BOTELHO RBA, BORGIO LA. Alquimia dos alimentos. 2ª ed. Brasília, DF: Editora SENA; 2008. 12. Gonçalves JR, Lemos ALSC. Efeitos do grau de cozimento na qualidade de cortes de *Supraspinatus* acondicionado a vácuo em embalagem cook-in. **Ciênc Tecnol Aliment**. 2005;25(2):358-62.

ARAÚJO, W.; MONTEBELLO,N.; BOTELHO, R.; BORGIO, L. **Alquimia dos alimentos**. Brasília: SENAC-DF, 2007.

ARNAO, MB. Some methodological problems in determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food and Technology*, 11(11): 419- 421, 2000.

ASAMI, D. K. et al. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 51, p. 1237-1241, 2003

ASCHERIO A.; STAMPFER MJ.; COLDITZ GA.; RIMM EB.; LITIN L.; WILLET WC. Correlations of vitamin A and intakes with the plasma concentrations of carotenoids and tocopherols among american men and women. **J. Nutr.**, 122,1792-1801,1992.

AVELLO, M.; SUWALSKY, M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de proteccion. Atena, **Concepción**, n.494, n. 2, p. 161-172, 2006.

BAGGIO, J. **Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (coffea (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.**

BARBOZA, A. C R. N. CRUZ, C. V .S.; GRAZIANE, M. B.; SABADINE, E. Aquecimento em forno de micro-ondas/ desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Quím. Nova.** São Paulo, 2001, v. 24, n. 6.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. Cinética de degradação de vitamina C no cozimento doméstico de vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVIII, 2002, Porto Alegre, **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Rio Grande do Sul, 2002.

BERNHARDT, S.; SCHLICH, E. Impact of different cooking methods on food quality: retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. **Journal of Food Engineering, Essex**, v. 77, n. 2, p. 327-333, 2006.

BERNOTTI, S.; SEIDMAN, E.; SINNETT, D.; BRUNET, S.; DIONNE, S.; DELVIM, E.; LEVY, E.; *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2003, 285, G898.

BOILEAU TW, BOILEAU AM, ERDMAN JR JW. Bioavailability of all-trans and cis-isomers of lycopene. **Exp Biol Med.** 2002; 227(10):914-9.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C., 1995. Use of radical methos to evaluated antioxidant activity. **Food Sci. Technol.**, 28, 25-30.

BUETTNER, G. R.; *Arch. Biochem. Biophys.* 1993, 300, 535

BURNS J.; GARDNER PT.; MATTHEWS D.; DUTHIE GG.; LEAN ME.; CROZIER A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **J. Agric.Food Chemistry.** Chicago: v.49, p. 5797-5808, 2001.

BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. **Food Research International**, v.35, p.279-284, 2002.

CANO-CHAUCA, M; RAMOS, M.A.; STRINGHETA, C.P., PEREIRA, J.A.M; SILVA,I.P. Curvas de secagem e avaliação da atividade de agua da banana passa. **Boletim, CEPPA.** Vol, 22 no. 1. Curitiba Jan/Jun.2004.

CANTOS, E.; TUDELA, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, p. 3015-3023, 2002.

CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MEZZETTI, B.; MAURIZIO BATTINO, M. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. **Food Chemistry**, v. 111, p. 872–878, 2008.

CATANI, M. V.; CONSTANZO, A.; SAVINI, I.; LEVIERO, M.; DE LAURENZI, V.; WANG, J. Y. J.; MELINO, G.; Avigliano, L.; **Biochem. J.** 2002, 364, 441.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.

CHIM, J. F. Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (*Rubus* sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geleias convencional e light. 2008. Tese (**Doutorado** em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CLARK, N. **Guia de nutrição desportiva**: alimentação para uma vida ativa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

COBOS, A.; DIAZ, O. Sous vide cooking of traditional meat products: effect on the microbiology of dry-cured pork foreleg. **Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology**, v. 1, p. 511-517, 2007.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v. 83, p. 167–173, 2003.

CORDENUNSI, B.R.; GENOVESE, M.; NASCIMENTO J. R.O.; HASSIMOTTO, N. N. M. A.; SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1. P. 113-121, 2005.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, D. INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS. A.; ISMIRNOFF. N.; BENZIE, I, J.; STRAIN, J. J.; FAVEL, D.; FLETCHER. J. et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry function metabolism bioavailability and effects of processing. **J. Sci. Food Agric.**, v.80, n.7, p.825-860, 2000.

DECKER, E.A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v.55, n.11, p.396-407, 1997.

DING, M.; FENG, R.; WANG, S.Y.; BOWMAN, L.; LU, Y.; QIAN, Y.; CASTRANOVA, V.; JIANG, B-H.; SHI, X. Cyanidin-3-glucoside, a Natural Product Derived from Blackberry, Exhibits Chemopreventive and Chemotherapeutic Activity. **Jour. of Biological Chem.**, Maryland, v. 281, n. 25, p. 17359-17368, 2006

DIPLOCH, A. Antioxidant nutrients and disease prevention an overview. **Am. J. Clin. Nutr.**, 53, 189-193, 1991.

DOROSHOW, J.H. **Effect of anthracycline antibiotics on oxygen radical formation in rat heart**. Cancer Research, Baltimore, v.43, n.2, p.460-472, 1983. Doutoranda do Departamento Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, UFPEL. E-mail: andressa.jacques@yahoo.com.br

DUTHIE, G. G.; *Nutr. Res. Rev.* 2000, 13, 69.

EL-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; MCGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. G.; YOUNG, A. J.; *Arch. Biochem. Biophys.* 2004, 430, 37.

ELES-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem.*, v.102, n.1, p.201-209, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. Embrapa Clima Temperado Sistemas de Produção. Disponível em: . Acesso em: 10 set. 2008.

ERDMAN, J. W. Jr., KLEIN, B. P. Harvesting, processing, and cooking influences on vitamin C in foods. In: **Ascorbic Acid Chemistry, Metabolism and Uses**. Eds. SEIB, P. A. and TOLBERT, B. M. Washington, D.C., 1982.

FACHINELLO, J. C. **Mirtilo**. *Revista Brasileira de Fruticultura* (online), V. 30, n 2, 285-576, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a01v30n2.pdf>>. Acesso em: 05 de Setembro de 2013.

FERRETTI G.; BACCHETTI T.; BELLEGGIA A.; NERI D. Cherry Antioxidants: From Farm to Table. **Department of Biochemistry, Biology and Genetic** – Polytechnic University of Marche, via Ranieri. *Molecules* 2010, 15, 6993-7005; doi:10.3390/molecules15106993

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M.; *Prog. Lipid Res.* 2004, 43, 228.

GAO L., MAZZA, G. (1995). Characterization, quantification and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 343-6.

GARCIA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCIALINHARES, M. C.; FERNANDEZ, M. C. G.; SANCHEZMUNIZ, F. J. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, Great Britain, v. 83, n. 3, p. 349-356, 2003.

GESTER, H. Vitamin losses with microwave cooking. *Food Sciences and Nutrition*, v. 42F, p. 173-181, 1989.

GIOVANELLI, G.; BURATTI, S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chemistry*, v. 112, p. 903 – 908, 2009.

GOLD, M. D.; *Integr. Cancer Ther.* 2003, 2, 158

GONÇALVES, B., LANDBO, A.-K., KNUDSEN, D., SILVA, A.P., MOUTINHO-PEREIRA, J., ROSA, E., Meyer, A.S. (2004). Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 523-530.

GONÇALVES, B., SILVA, A.P. (2008). Valor nutricional da cereja. Efeitos na saúde. Em *Cerejais. A árvore e o fruto*. Santos, A.S.A ed.

GOODE, H. F.; WEBSTER, N. R. **Free radicals and antioxidants in sepsis**. *Crit. Care Med.*, 21 (1): 1770-1776, 1993.

GUTTERIDGE, J. M.; *Clin. Chem.* 1995, 41, 1829.

HAKALA, M.; LAPVETELÄINEN, A.; HUOPALAHTI, R.; KALLIO, H.; TAHVONEN, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.16, p. 67-80, 2003.

HALLIWELL B. Reactive oxygen species and the central nervous system. **J. Neurochem.** 1992. 59:1609–1623.

HALLIWELL, B, WISEMAN, H. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. **Biochemistry Journal.** 313 (17–29). 1996.

HALLIWELL, B. (1990). How to characterize a biological antioxidant. **Free Radical Research Communucation**, 9, 1-32.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**, v. 52, n. 8, p. 253-265, 1994.

HALLIWELL, B., AESCHBACH, R., LÖLINGER, J., ARUOMA, O.I. The characterization on antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.33, n.7, p.601-617, 1995.

HALLIWELL, B.; *Mutat. Res.* 2001, 475, 29.

HANNUM, S. M. Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 1–17, 2004.

HOWARD, L.A.; WONG, A. D.; PERRY, A. K.; KLEIN, B. P. β -carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. **J. Food Sci.**, v.64, n.5, p.929-936, 1999.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z.M.; FOONG, C.W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chem**, v.87, n.4, p.581-586, 2004.

JACQUES, A. C. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*rubus fruticosus*) cv.tupy. 2009. Tese (**Mestrado** em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI PB.; BARCIA MT.; ZAMBIAZI R C.; CHIM JF. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*rubus fruticosus*) cv.tupy. Departamento de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, CP 354, 96010-900 Pelotas – RS, Brasil. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 8, 1720-1725, 2010.

JONES DP.; KAGAN VE.; AUST SD.; REED DJ. Omaye ST. Impact of nutrients on cellular lipid peroxidation and antioxidant defense system. **Fundam Appl Toxicol** 1995;26(1):1-7.

SEVERO, J.; LIMA, C. S. M.; COELHO, M. T.; RUFATTO, A. D. R.; ROMBALD, C. V. SILVA, J. A. Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de physalis (*physalis peruviana*, L.) durante o amadurecimento e o armazenamento antioxidant capacity and phytochemical

composition of physalis fruit (*physalis peruviana*) during ripening and storage. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.77-82, jan-dez, 2010

KAGAN, V. E.; SERBINOVA, E. A.; PACKER, L.; *Arch. Biochem. Biophys.* 1990, 280, 147.

KÄHKÖNEN, M.P.; HOPIA A.I.; HEINONEN, M. Berry phenolics and their antioxidant activity. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4076-4082, 2001.

KALT, W. et al. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **J. Agric. Food Chem.**, v. 47, n. 11, p. 4638- 4644, 1999. KUSKOSKI, E. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. *Rev. Ciênc. Rural*, Santa Maria, v.36, n.4, p. 1283-1287, 2006.

KAYS, S.J. Postharvest physiology of perishable plant products. **New York**: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KLUGE, R. A. et al. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. **Livraria e Editora Rural**. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI_FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LAMPE, J. W. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999, 70, 475s

LANGSETH, L. Oxidant, antioxidants and disease prevention. **ILSI Europe**, p. 4-13, 1995.

LARRAURI, J.A ; RUPÉREZ, .; SAURA -CALIXTO, F. Efect Of drying temperture on the estabily of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **J. Agric Food Chem.** v. 45, p 1390-1393 , 1997.

LAZZE, M. C.; SAVIO, M.; PIZZALA, R.; CAZZALINI, O.; PERUCCA, P.; SCOVASSI, A. I.; STIVALA, L. A.; BIANCHI, L. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Carcinogenesis*, **Oxford**, v. 25, n. 8, p. 1427-1433, 2004.

LEE, J.; YE, L.; LANDEN, W. O.; EITENMILLER, R. R. Optimization of an extraction procedure for the quantification of vitamin e in tomato and broccoli using response surface methodology. **Jour. of Food Composition and Analysis**, Orlando, v.13, n. 1, p. 45-57, 2000.

LEE, K. W.; LEE, H. J.; SURH, Y. J.; LEE, C.Y.; *Am. J. Clin. Nutr.* 2003, 78, 1074.

LEUNG, W.T.; FLORES, M. **Food composition table for use in Latin America**. Guatemala: INCAP/ICNND, 1961.

LIMA, A. da S.; FIGUEIREDO, R.W. de; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; SOUSA. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.107-109, 2004.

LOUREIRO, A. P. M.; DI MASCIO, P.; MEDEIROS, M. H. G.; *Quim. Nova* 2002, 25, 777.

MÄÄTÄ-RIIHINEN, K. R.; KAMAL-ELDIN, A. and TÖRRÖNEN, A. R. Identification and Quantification of Phenolic Compounds in Berries of *Fragaria* and *Rubus* Species (family Rosaceae). **J. Agric. Food Chem.**, v.52, p.6178-6187, 2004.

MANACH C.; SCALBERT A.; MORAND C.; RÉMÉSY C.; JIMÉNEZ L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **Am J Clin Nutr.** 2004;79(5):727-47.

MARCHAND, L. L. Efeitos dos flavonóides na prevenção de câncer: uma revisão. **Biomed Pharmacotherap** v. 56, p. 296-301, 2002.

MARUBAYASHI S.; DOHI K.; SUGINO K.; KAWASAKI T. The Protective Effect of Administered α -Tocopherol against Hepatic Damage Caused by Ischemia-Reperfusion or Endotoxemia. **Ann. N. Y. Acad. Sciences**, 570, 208-218, 1989.

MEDA, A.; LAMIEN. C.E.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOUлма, O. G.. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, 91, 571- 577. (2005)

MEDINA, J.C. **A cultura do abacaxi**. In: MEDINA, J.C. et al. **Frutas tropicais 2**. São Paulo: Canton, 1978. p.06-68.

MELO, EA; MACIEL, MIS; LIMA, VLAG; LEAL, FLL; CAETANO, ACS; NASCIMENTO, RJ. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26(3): 639-644, 2006.

MELONI, P.L.S. Produção de frutas desidratadas. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. Rhodehamel, E.J. 1992. FDA's concerns with sous vide processing. **Food Technology**, December, 73-76.

MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887-6892, 2003.

MORAES, J. O. de; PERTUZATTI, P. B.; CORREA, F. V. et al. Estudo do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) no processamento de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, p. 18-22, 2007.

MORAZZONI, P.; BOMBARDELLI. E. *Vaccinium Myrtillus* L. **Revista Fitoterapia**. Milian, v.67, p.3-29, 1996.

MORITZ B; TRAMONTE VLC. Bioavailability of lycopene. **Brazilian Journal of Nutrition** 19: 265-273. 2006.

MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 303-308, 2006.

MOURA, S.M.; SILVA, G.J.F.; CARDOSO, T.G.; SILVA, A.G.; CONSTANT, P.B.L.; FIGUEIREDO, R.W. **Determinação de antocianinas, polifenóis e antioxidantes totais do extrato aquoso de jabuticaba**. XX CBED, VIII Encontro Latino-Americano de Economia Doméstica e I Encontro Intercontinental de Economia Doméstica. Fortaleza, 2009.

MOZETIC B., SIMCIC M., TREBSE, P. (2006). Anthocynins and hydroxycimnamic acids of Lambert Compact cherries (*Prunus avium* L.) after cold storage and 1- methylcyclopropene treatment. **Food Chemistry**, 97, 302-309.

MUNTEANU, A.; ZINGG, J. M.; AZZI, A.; J. **Cell. Mol. Med.** 2004, 8, 59.

NETZEL, M.; STRASS, G.; KAUL, C.; BITSCH, I.; DIETRICH, H.; BITSCH, R. In vivo antioxidative capacity of a composite berry juice. **Food Research International**, Canada, v. 35, p. 213-216, 2002.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology, Cambridge**, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

OLIVEIRA, A.L; BRUNINI, M,A; SALANDINI, C.A.R; BAZZO, F.R. Caracterização tecnológica de jaboticabas 'Sabará' provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p. 397-400, 2003.

PADILHA, Marina M.; MOREIRA, Lucimara Q.; MORAIS, Fernanda F.; ARAÚJO, Tomás, H.; ALVEZ-DA-SILVA, Geraldo. Estudo Farmacobotânicos das Folhas de 50 Amoreira-Preta, *Morus nigra* L., Moraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 20 (4): 621-626, 2010.

PAYNE, T. J. Formulating with Blueberries for Health. **Cereal Foods World**, v. 50, n. 5, p. 262-264, 2005.

PECK M. W. **Clostridium botulinum and the safety of refrigerated processed foods of extended durability**. Trends in Food Science & Technology, 8:186–192, 1997.

PELLEGRINI, N; SERAFINI, M, COLOMBINI, B; DEL RIO, D; SALVATORE, MB; BRIGHENTI, F. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. **Journal of Nutrition**, 133: 2812-2819, 2003.

PEREIRA M.; OLIVEIRA A. L.; PEREIRA R. E. A.; SENA J.A.D.; COSTA J. R. V.; O DE ALMEIDA M.; GONÇALVES A. N. Morphologic and molecular characterization of *Myrciaria* spp species. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.507-510, 2005.

PEREIRA, M. C.; GULARTE, J. P. A.; VIZZOTTO, M. Otimização do processo de extração de compostos fenólicos antioxidantes de amora-preta (*Rubus* sp.). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007, Pelotas. Anais... Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2007.

PERTUZZATI, Paula Becker. Compostos bioativos em diferentes cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade). Dissertação (**Mestrado** em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 86f, 2009.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A. SOFIC, E.; McEen, J.; O'BRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 2686-2693, 1998.

- PINTO, M.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1629–1635, 2008.
- POLING, E.B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, v.14, n.1-2, p.38-69. 1996.
- POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, v. 67, n. 5, p. 289-297, 1997.
- POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Ciência de los Alimentos**. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 667 p.
- POULSEN, H.E., PRIEME, H., LOFT, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. *European Journal of Cancer Prevention*, Oxford, v.7, n.1,p.9-16, 1998.
- RAYMUNDO, M. S. Avaliação da Atividade Antioxidante in vitro em Extratos de Algas Marinhas. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Alimentos). Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- RICHARD, T. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, n. 3, p.519-525, 2002
- ROY, P., KULKARNI, A.P. Oxidation of ascorbic acid by lipoxygenase: effect of selected chemicals. **Food Chemical Toxicology**, Oxford, v.34, n.6, p.563-570, 1996.
- RUFINO MSM, ALVES RE, BRITO ES, MORAIS SM, SAMPAIO CG, JIMENEZ JP, CALIXTO FDS. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, 127: 1-4, 2007.
- SADICOFF, B. L., AMORIM, M. C. V. Uma demonstração simples e visual do efeito do aquecimento com micro-ondas em reações de poliadicação. **Química Nova**. 23(4), 2000. 557 – 559 p.
- SALONEN JT.; SALONEN R.; SEPPÄNEN K.; KANTOLA M.; SUNTIOINEN S.; KORPELA H. Interactions of serum copper, selenium, and low density lipoprotein cholesterol in atherogenesis. **B.M.J.**, 302 (30), 756-760,1991.
- SCALBERT A.; JOHNSON IT.; SALTMARSH M. Polyphenols: antioxidants and beyond. **Am J Clin Nutr**. 2005;81(1 Supl.):S215-7.
- SCHELLEKENS, M. New research issues in sous-vide cooking. 1996. **Trends in Food Science and Technology**, 7, 256-262.
- SEEBES, M. **Técnicas de cozinha profissional**. Tradução de: Helena Londres. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2007. 352 p. II. Título Original: Técnica de cocina profesional. Publicada em Parceria com as Ed Senac Rio e Ed. Senac São Paulo.
- SEERAM, N. P.; ADAMS, L. S.; ZHANG, Y.; LEE, R.; SAND, D.; SCHEULLER, H. S.; HEBER, D. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. **Jour. of Agric. and Food Chem.**, Washington, v. 54, n. 25, p. 9329-9339, 2006.

SELLAPPAN, S. AKOH, C. C.; KREWER, G. Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p. 2432-2438, 2002.

SEVERO, J.; GALARÇA, S. P.; AIRES, R. F.; CANTILLANO, R. F. F.; ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas, vitamina C e capacidade antioxidante em mirtilo armazenado em atmosfera controlada. **Braz. Jour. Food Technol.**, Pelotas, II SSA, 2009. Edição Especial.

SEVERO, J.; GALARÇA, S. P.; AIRES, R. F.; CANTILLANO, R. F. F.; ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas, vitamina C e capacidade antioxidante em mirtilo armazenado em atmosfera controlada. **Braz. Jour. Food Technol.**, Pelotas, II SSA, 2009. Edição Especial.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P.K. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32 (1), p. 67- 103, 1992.

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.215, n.2, p.213- 219, 1993.

SILVA PH, ALMEIDA, MC. Estabilidade térmica do leite. In: Anais do Congresso Nacional de Laticínios; 2000. Juiz de Fora, Brasil, Juiz de Fora: **EPAMIG** – Centro Tecnológico – ILTC; 2000. p. 65-70.

SILVA, B. M.; ANDRADE, P. B.; VALENTAO, P.; FERRERES, F.; SEBRA, R. M.; Ferreira, M. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: Antioxidant activity. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, n.52, p.4705-4712. 2004.

SILVA, T. A. A.; JUNIOR, A. F.; PINHEIRO, M. M.; SZEJNFELD, V. L. Sarcopenia associada ao envelhecimento: aspectos etiológicos e opções terapêuticas. **Revista Brasileira de Reumatologia**. São Paulo, v.46 n.6, p. 391-397, Nov./Dez. 2006.

SILVA, P.H.C. Qualidade do leite produzido e beneficiado no Distrito Federal (Brasil) quanto à adequação à Instrução Normativa nº 51/2002. 80 f. Dissertação (**Mestrado** em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SIQUEIRA, F. M. Nutrientes antioxidantes. **Ciência e Tecnologia Agroindustrial**, v.31, n.2, p.192-199,1997

SLUIS V. D.; ADDIE A.; DEKKER M.; JAGER A.; WIM & JONGEN M.F. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 3606-3613, 2001.

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

SOUSA, C.M.M.; ROCHA E SILVA, H.; VIEIRAJR, G.M.; AYRES, M.C. C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO P.B.M.;

BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n.2, p.351-355, 2007.

SOUSA, P.H.M.; SOUZA NETO, M.A.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, R.W. **Desidratação osmótica de frutos**. Bol. sbCTA, Campinas, v. 37 (supl.), p. 94-100, 2003.

SPAGOLLA, L.C.; SANTOS, M.M.; PASSOS, L. M. L.; AGUIAR, C.L. Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo “Rabbiteye” (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. Faculdade de Farmácia, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina – PR 2 Departamento de Agroindústria, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Piracicaba – SP. *Rev Ciênc Farm Básica Apl.*, 2009;30(2):59-64.

STAHL, W., SIES, H. **Antioxidant defence: vitamins E and C and carotenoids**. Diabetes, New York, v.46, p.S14-S18, 1997. Supplement 2.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 4, p. 263-269, 2012.

SUN, A. Y.; SIMONYI, A.; SUN, G. Y.; *Free Radical Biol. Med.* 2002, 32, 314.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 7449–7454, 2002.

TAPADIA, S. B.; ARYA, A. B., ROHINI DEVI, P. Vitamin C contents of processed vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, v. 32, n. 6, p. 513-515, 19 ERDMAN, J. W. Jr., KLEIN, B. P. Harvesting, processing, and cooking influences on vitamin C in foods. In: *Ascorbic Acid Chemistry, Metabolism and Uses*. Eds. SEIB, P. A. and TOLBERT, B. M. Washington, D.C., 1982. 95.

TAPIERO, H.; TOWNSEND, D. M.; TEW, K. D.; *Biomed. Pharmacother.* 2004, 58, 183.

TATE, P.; STANNER, A.; SHIELDS, K.; SMITH, S.; LARCOM, L. Blackberry extracts inhibit UV-induced mutagenesis in *Salmonella typhimurium* TA100. *Nutr. Research*, Amsterdam, v. 26, p. 100-104, 2006.

TIVERON, AP. Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil. Dissertação de **Mestrado** em Ciências: Ciência e Tecnologia de Alimentos. 102 páginas. Universidade de São Paulo (USP). Piracicaba, 2010.

TSCHEUSCHNER, H. D. **Fundamentos de tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. 746 p.

TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BUSCO, F.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. *Food Chemistry*, v. 117, p. 181–188, 2009.

TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BUSCO, F.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. *Food Chemistry*, v. 117, p. 181–188, 2009.

- VEGA-MERCADO H.; MARTÍN-BELLOSO O.; OIN B.; CHANG F.J.; GÓNGORA-NIETO M.M.; BARBOSA-CANÓVAS G, V.; SWANSON B. G. Nonthermal preservation of foods: pulsed electric fields. **Trends Food Sci. Tech.**, v.4, p.151-157, 1997
- VELIOGLU, Y.S., MAZZA, G., GAO, L., OOMAH, B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46, 4113-4117.
- VINSON, J. A.; SU, X.; ZUBIQ, L.; BOSE, P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5315-5321, 2001.
- VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M.C. Amora- preta (Rubus sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. Revista Brasileira de Floricultura, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1209-1214, dez. 2011.
- VIZZOTTO, M.; FETTER, M. D. R.; PEREIRA, M. C. Apple: extraction optimization of antioxidant compounds and determination of total phenolic amount and antioxidant activity on products and co-product. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 28., 2010, Lisboa. Science and horticulture for people: abstracts. Lisboa: ISHS, 2010. p. 358 S07.275 1 CD-ROM. **Biblioteca(s):** Embrapa Clima Temperado.
- WANG S.Y.; ZHENG. W., 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *J. agr. Food Chem.*, 49. 4977-4982.
- WANG, S. Y.; JIAO, H. scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 5677 - 5684, 2000.
- WANG, S.Y.; CHEN, C.; SCIARAPPA, W.; WANG, C.Y.; CAMP, M.C. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5788-5794, 2008.
- WATKINS, K. W.; *J. Chem. Educ.* 1983, 60, 1043
- WICKLUND T.; ROSENFELD HJ.; MARTINSEN BK.; SUNDFØR MW.; LEA P, BRUUN T.; BLOMHOFF R.; HAFFNER K (2005). Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT - Food Sci. Technol.* 38(4):387-391.
- WILLCOX JK, CATIGNANI GL, LAZARUS S. Tomatoes and cardiovascular health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2003; 43(1):1-18.
- WILLIAMSON, G.; Manach, C.; *Am. J. Clin. Nutr.* **2005**, 81, 243S.
- WITZUM, J.L. **The oxidative hypothesis of atherosclerosis.** *Lancet*, London, v.344, n.8926, p.793-795, 1994.
- XU, B.; CHANG, S.K.C. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanins and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.56, n.16, p.7165- 7175, 2008. Disponível em: . Acesso em: 03 ago. 2010. doi: 10.1021/jf8012234.
- YEUM, K. J.; RUSSELL, R. M.; KRINSKY, N. I.; ALDINI, G.; *Arch. Biochem. Biophys.* 2004, 430, 97.

YILMAZ, Y., TOLEDO, R.T. (2004). Health aspects of functional grape seed constituents. **Trends in Food Science & Technology**, 15, 422-433.

YOUNG, A.; LOWE, G. M.; *Arch. Biochem. Biophys.* 2001, 385, 20

YU, T-W., ANDERSON, D. **Reactive oxygen species induced DNA damage and its modification**: a chemical investigation. *Mutation Research*, Amsterdam, v.379, n.2, p.201-210, 1997.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chem.**, V.88, p. 503-509, 2004.

ZHANG, D; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, v. 88, p. 503-509, 2004.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **J. Agric. Food Chemistry**.Chicago: v.49, p. 5165-5170, 2001.