

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Tese

Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) e seus sucos

ELLEN PORTO PINTO

Pelotas, 2013

ELLEN PORTO PINTO
Bacharel em Química de Alimentos
Mestre em Ciências

Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) e seus sucos

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Alimentos).

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi - DCTA - UFPEL

Prof. Dr. Luciano Lucchetta - COALM - UTFPR

Prof.^a Dr.^a Rosane da Silva Rodrigues - CCQFA - UFPEL

Prof. Dr. Vitor Manfroi - ICTA - UFRGS

Pelotas, 2013

Catálogo na fonte
Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

P659s Pinto, Ellen Porto

Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. concord) e seus sucos./ Ellen Porto Pinto; orientador Cesar Valmor Rombaldi - Pelotas, 2013.

122 f. : il

Tese (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1. Sistemas de produção orgânico 2. Estresse abiótico 3. Expressão transcricional de genes 4. Compostos fenólicos 5. Atividade antioxidante I. Rombaldi, Cesar Valmor (orientador) II. Título

CDD 643.8

Banca examinadora:

Prof. Dr. César Valmor Rombaldi - DCTA - UFPEL

Prof.^a Dr.^a Rosane da Silva Rodrigues - CCQFA – UFPEL

Prof.^a Dr.^a Caroline Dellinghausen Borges - CCQFA - UFPEL

Prof.^a Dr.^a Josiane Freitas Chim - CCQFA - UFPEL

Prof.^a Dr.^a Angelita Machado Leitão - UNIPAMPA

*Dedico aos meus queridos pais, que apesar da distância,
sempre estiveram tão perto.*

Agradecimentos

Uma tese não é fruto do trabalho solitário, mas sim do resultado da dedicação de várias pessoas. Portanto, aqui vão alguns agradecimentos àqueles que deram sua contribuição para que este objetivo fosse atingido.

A Deus, pela vida, força, saúde e constantes aprendizados.

À minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos.

A todos os meus amigos, em especial as minhas queridas BFF's, Amis's e Ne, por todos os momentos vividos, que de perto ou longe estão sempre torcendo por mim.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão e a Universidade Federal de Pelotas, por possibilitar e oportunizar a realização do curso de pós-graduação.

Aos professores Dr. Cesar Valmor Rombaldi, Dr. Luciano Lucchetta, Dr.^a Rosane da Silva Rodrigues pelos ensinamentos, orientação, confiança e incentivo na realização deste trabalho, e ao Dr. Vitor Manfroi pelas contribuições analíticas e participação no comitê de orientação.

Aos membros da banca de qualificação e tese que, com sua experiência científica e qualificação, possibilitaram o enriquecimento deste trabalho.

A todos os professores, colegas e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em especial aos colegas do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, pela acolhida, ajuda e ensinamentos transmitidos.

Aos professores Thalita Grando Rauen, Luciano Lucchetta, Andréa Cátia Leal Badaró e Alexandre da Trindade Alfaro, por se disponibilizarem a ministrar as

disciplinas das quais eu era responsável no Curso de Tecnologia em Alimentos, durante meu afastamento das atividades desempenhadas na UTFPR.

Aos meus queridos alunos do Curso de Tecnologia em Alimentos da UTFPR: Ellen Perin, Igor Schott, Bruna Böger e Kelen Cavalli pela dedicação e preciosa ajuda na realização deste trabalho.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

*"Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também
sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar."*

Anatole France

Resumo

PINTO, Ellen Porto. **Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) e seus sucos**. 2013. 122f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

A preocupação com uma alimentação saudável ocasiona a busca por alimentos que ofereçam propriedades que vão além de nutrir, mas também que possam proporcionar ao organismo humano, potenciais benefícios à saúde. Acompanhando essa tendência, o consumidor passou a valorizar cada vez mais alimentos produzidos em sistemas que estabeleçam um compromisso com a preservação do meio ambiente e da saúde, como é o caso do cultivo de frutas em sistemas de produção orgânico. Aliado a isso, sabe-se que a aplicação da radiação UV-C após a colheita de frutos é capaz de induzir mecanismos de defesa da planta, estimulando o metabolismo secundário. Portanto, espera-se que a aplicação desta radiação possa agir como indutora da síntese e acúmulo de moléculas bioativas, alterando a composição da uva - oriunda de sistema de produção convencional e orgânico - e os respectivos sucos, bem como suas potenciais propriedades funcionais. Neste sentido, buscou-se incrementar a concentração de compostos bioativos nas uvas e nos respectivos sucos, tratando-se uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, cultivadas na região sudoeste do Paraná. Após colheita, as uvas foram separadas em dois lotes, um recebeu a radiação UV-C após a colheita (taxa de fluência da radiação de $65,6 \text{ J.m}^{-2}$) e o outro não recebeu tratamento (controle), seguidos de armazenamento por três dias à temperatura ambiente na ausência de luz. A partir dos tratamentos foram produzidos os respectivos sucos de uva em extrator de arraste a vapor. Foram realizadas análises físico-químicas nas uvas e sucos e também foi realizada a avaliação da expressão transcricional dos genes envolvidos na síntese desses compostos nas uvas. De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que o tratamento pós-colheita UV-C promove a indução de compostos bioativos em uvas, cv. Concord, principalmente antocianinas, resveratrol, flavonóis e taninos, sendo que estas alterações dependem do sistema de produção utilizado no cultivo das uvas. Além disso, verificou-se que quando é aplicada a radiação UV-C ocorre o incremento nos teores de compostos do metabolismo secundário que está relacionado ao aumento de transcritos de genes da via de biossíntese dos compostos fenólicos. Este estudo também permitiu verificar que os sucos

elaborados com uvas, oriundas de sistema orgânico, apresentaram teores de compostos bioativos similares aos sucos processados com uvas de sistema convencional. A aplicação da radiação UV-C nas uvas após a colheita resultou em sucos com maior teor de compostos bioativos. No entanto, esse tratamento pós-colheita atua de forma diferenciada na síntese desses compostos dependendo do sistema de produção da uva, ou seja, no caso da uva orgânica a resposta pode estar correlacionada aos fatores de equilíbrio existentes no cultivo.

Palavras-chave: Sistema de produção orgânico. Estresse abiótico. Expressão transcricional de genes. Compostos fenólicos. Atividade antioxidante.

Abstract

PINTO, Ellen Porto. **Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) e seus sucos.** 2013. 122f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

The preoccupation about healthy eating leads to the search for foods which offer properties that goes beyond nurture, but also can provide potential health benefits the human body. Accompanying this tendency the consumer is increasingly value food produced in systems which establish a commitment to environmental preservation and the health, such as fruit cultivation in organic production systems. Addition to that, it is known that the application of UV-C after fruit harvest is able to induce plant defense mechanisms by stimulating secondary metabolism. Therefore, it is expected that radiation UV-C can act as an inducer of the synthesis and accumulation of bioactive molecules by changing the grape composition - from the conventional and organic systems production - and its juices, and their potential functional properties. Aim to increase of the bioactive compounds concentration in grapes and juices, treated the grape *Vitis labrusca*, cv. Concord, grown in the southwest of Paraná. After harvesting the grapes were separated into two batches, one group received UV-C radiation after harvest and the other was not treated (control) followed by three days storage at room temperature in the dark. These treatments was produced their grape juice in extractor. Physic-chemical analyses were realized in grapes and juices and also was realized the transcriptional expression of genes involved in the synthesis of these compounds in grapes. According to the results, can be verified that the post-harvest treatment UV-C promotes the induction of bioactive compounds in grapes, cv. Concord, mainly anthocyanins, resveratrol, flavonols and tannins, and these changes depend on the production system used in the grapes cultivation. Also, it was when is applied UV-C radiation occur the increase in the levels of secondary metabolic compounds that was associated to increased gene transcripts of the biosynthesis of phenolic compounds. This study also has shown that the juices from grapes, from organic system, showed similar levels of bioactive compounds to grape juice processed with the conventional system. The application of UV-C in grapes after harvest resulted in juices with higher content of bioactive compounds. However, this post-harvest treatment behaves differently in the synthesis of these compounds depending on the

production system of the grape, that is, in the organic grapes the response may be correlated to equilibrium factor existing in cultivation.

Keywords: Organic production system. Abiotic stress. Transcriptional expression of genes. Phenolic compounds. Antioxidant activity.

Lista de figuras

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Rota metabólica de formação de compostos fenólicos. Nomes e abreviaturas das enzimas envolvidas: fenilalanina amônia liase (PAL), cinamato 4-hidroxilase, 4-coumarato-CoA ligase, chalconasintase (CHS), estilbenosintase (StSy), resveratrolglicosiltransferase (RSGT), chalconaisomerase (CHI), flavanona 3-hidroxilase (F3H), flavonóide 3'-hidroxilase (F3'5'H), flavonoide 3',5'-hidroxilase, dihidroflavonol-4-redutase (DFR), flavonol sintase (FLS), leucoantocianidinadioxigenase (LDOX), leucoantocianidinaredutase (LAR), antocianidinaredutase (ANR), UDP-glicose:flavonoide 3-O-glicosiltransferase (UFGT), O-metiltransferase (OMT), acetilCoAcarboxilase (ACCCase). PA refere-se à proantocianindinas..... | 28 |
| Figura 2. | Núcleo fundamental dos flavonóides..... | 29 |
| Figura 3. | Estrutura genérica dos flavonóis..... | 29 |
| Figura 4. | Estrutura genérica dos flavanóis..... | 30 |
| Figura 5. | Estrutura genérica das antocianinas a partir do esqueleto das antocianidinas..... | 31 |
| Figura 6. | Estrutura química do <i>trans</i> -resveratrol e <i>cis</i> -resveratrol..... | 32 |

Capítulo 1

- Figura 1. Teores de compostos fenólicos totais (A), taninos totais (B), flavanóis (C), flavonóis (D), antocianinas totais e individuais (E) e *trans*-resveratrol (F) de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... 51
- Figura 2. Quantificação relativa (RQ) do acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese de compostos fenólicos: fenilalanina amônia liase (PAL), chalconasintase (CHS), antocianidinasintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) e estilbenosintase (STS) em de uvas *Vitislabrusca*,cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... 55
- Figura 3. Esquema da via de biossíntese de compostos fenólicos. As setas pretas e cinzas indicam o aumento do conteúdo dos metabólitos em função dos tratamentos em que as uvas foram submetidas (uva de sistema de produção convencional, uva de sistema de produção convencional com aplicação de UV-C, uva sistema de produção orgânico e uva de sistema de produção orgânico com aplicação de UV-C). Já as setas vermelhas representam o acúmulo de transcritos de genes dessa via de biossínte (fenilalanina amônia liase (PAL), chalconasintase (CHS), antocianidinasintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) e estilbenosintase (STS) em função dos tratamentos..... 56

Capítulo 2

Figura 1. Teores de compostos fenólicos totais (A), resveratrol (B), flavanóis (C), flavonóis (D), antocianinas totais e individuais (E) dos sucos de uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico.....

Lista de tabelas

Capítulo 1

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1. | Características físico-químicas dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânica..... | 41 |
| Tabela 2. | <i>Primers</i> específicos utilizados para a análise de PCR quantitativa de genes alvo em uva <i>Vitis labrusca</i> cv. Concord | 47 |
| Tabela 3. | Delineamento experimental para testar o conjunto de hipóteses..... | 48 |
| Tabela 4. | Características físico-químicas de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita com UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 49 |
| Tabela 5. | Atividade antioxidante de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 52 |
| Tabela 6. | Correlação entre os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante expressa em EC ₅₀ de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 54 |
| Tabela 7. | Correlação entre o transcrito de gene fenilalanina amônia liase (PAL) e os teores de compostos bioativos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita | |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| | UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 60 |
| Tabela 8. | Correlação entre o transcrito de gene chalcona sintase (CHS) e os teores de compostos bioativos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 61 |
| Tabela 9. | Correlação entre o transcrito de gene antocianidina sintase (ANS) e os teores de compostos bioativos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 62 |
| Tabela 10. | Correlação entre o transcrito de gene flavonona 3-hidroxilase (F3H) e os teores de compostos bioativos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 63 |
| Tabela 11. | Correlação entre o transcrito de gene estilbeno sintase (STS) e os teores de compostos bioativos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 64 |
| Capítulo 2 | | |
| Tabela 1. | Características físico-químicas dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânica..... | 84 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 2. | Delineamento experimental para testar o conjunto de hipóteses.. | 90 |
| Tabela 3. | Características físico-químicas de sucos de uva <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita com UV-C, provenientes de sistema de produção convencional e orgânico... | 91 |
| Tabela 4. | Atividade antioxidante dos sucos de uva <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 94 |
| Tabela 5. | Correlação entre os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante expressa em EC ₅₀ de sucos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 95 |
| Tabela 6. | Ângulos de tonalidade de cor (°H), luminosidade (L) e coordenadas de cromaticidade a* e b* dos sucos de uva <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 96 |
| Tabela 7. | Correlação entre os teores de antocianinas totais e o ângulo de tonalidade de cor (H°) de sucos de uvas <i>Vitis labrusca</i> , cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico..... | 97 |

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução..... | 22 |
| Hipóteses..... | 24 |
| 2. Revisão da Literatura..... | 25 |
| 2.1 Aspectos gerais da videira e da uva | 25 |
| 2.2 Suco de uva | 27 |
| 2.3 Compostos fenólicos..... | 28 |
| 2.4 Atividade antioxidante | 33 |
| 2.5 Radiação UV-C | 35 |
| Capítulo 1..... | 37 |
| Sistemas de produção e radiação UV-C pós-colheita na composição da uva (<i>Vitis labrusca</i> cv. Concord) | 38 |
| 2.1 Material vegetal..... | 41 |
| 2.2 Tratamento pós-colheita com UV-C..... | 43 |
| 2.3 Análises físico-químicas nas uvas | 43 |
| 2.3.1 Sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH | 43 |
| 2.3.2 Compostos fenólicos totais, antocianinas totais, taninos totais compostos fenólicos individuais e atividade antioxidante | 43 |
| 2.3.2.1 Compostos fenólicos totais | 44 |
| 2.3.2.2 Antocianinas totais | 44 |
| 2.3.2.3 Taninos totais..... | 44 |
| 2.3.2.4 Compostos fenólicos individuais | 45 |
| 2.3.2.5 Resveratrol..... | 45 |
| 2.3.2.6 Atividade antioxidante | 46 |
| 2.3.2.7 Extração de RNA, síntese de cDNA e real time PCR (qPCR).... | 47 |
| 2.3.3 Delineamento experimental..... | 48 |
| 3. Resultados..... | 49 |

| | | |
|------------|--|----|
| 3.1 | Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C na composição físico-química da uva cv. Concord..... | 49 |
| 3.2 | Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C no acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese dos compostos fenólicos em uvas cv. Concord | 55 |
| 4. | Discussão dos resultados..... | 65 |
| 5. | Conclusão..... | 70 |
| 6. | Agradecimentos..... | 70 |
| 7. | Referências | 71 |
| Capítulo 2 | | 82 |
| | Compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de uvas cultivadas em sistema de produção convencional e orgânico, tratadas com UV-C | 82 |
| 1 | Introdução..... | 82 |
| 2 | Material e Métodos | 84 |
| 2.1 | Material vegetal..... | 84 |
| 2.2 | Tratamento pós-colheita com UV-C | 86 |
| 2.3 | Elaboração dos sucos de uva | 86 |
| 2.4 | Análises físico-químicas nos sucos..... | 87 |
| 2.3.1 | Sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e cor | 87 |
| 2.3.2 | Compostos fenólicos totais, antocianinas totais, compostos fenólicos individuais e atividade antioxidante..... | 87 |
| 2.3.2.1 | Compostos fenólicos totais..... | 86 |
| 2.3.2.2 | Antocianinas totais..... | 87 |
| 2.3.2.3 | Compostos fenólicos individuais..... | 87 |
| 2.3.2.4 | Atividade antioxidante | 88 |
| 2.3.4 | Delineamento experimental..... | 89 |
| 3 | Resultados..... | 91 |
| 2.5 | Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C na composição físico-química de sucos de uva cv. Concord..... | 91 |

| | | |
|---|-------------------------------|-----|
| 4 | Discussão dos resultados..... | 98 |
| 5 | Conclusão..... | 102 |
| 6 | Agradecimentos..... | 102 |
| 7 | Referências | 103 |
| | Considerações finais | 109 |
| | Referências | 110 |
| | Apêndices..... | 120 |

1. Introdução

Nos últimos anos, uma atenção crescente tem sido dedicada ao papel da dieta na saúde humana. Estudos indicam que a ingestão regular de alguns vegetais está associada com a redução do risco de ocorrência de uma variedade de doenças crônicas e degenerativas (OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010). Entre os alimentos associados a estas propriedades estão as uvas e seus produtos derivados, como o suco, devido principalmente à presença de compostos fenólicos. Dentre os compostos fenólicos de maior importância destacam-se as antocianinas, flavanóis, flavonóis, ácidos fenólicos e estilbenos (ABE et al., 2007).

A concentração e a composição dessas substâncias na fruta e nos produtos derivados variam com a diversidade de cultivares, época de maturação, localização do vinhedo e outros fatores de pré e pós-colheita, tais como clima, solo, sistema de cultivo, técnicas de colheita e de processamento (PEREIRA, 2010).

No que tange a localização do vinhedo, a viticultura foi sempre caracterizada como uma atividade típica de algumas regiões do Brasil, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul (RS) como principal produtor. No entanto, novos pólos vitícolas estão surgindo em diferentes regiões do País. O Paraná é um desses pólos emergentes, sendo que a produção de uvas e derivados concentra-se nas regiões leste, norte e sudoeste do estado.

A região sudoeste responde por 43% da área plantada e é responsável por 50% da produção de uva do estado do Paraná. As uvas chamadas americanas (*Vitis labrusca*) são as mais cultivadas na região, principalmente as cultivares Bordô, Concord, Isabel e Niágara, e algumas cultivares viníferas (*Vitis vinífera*) em menor proporção como Merlot, Cabernet Sauvignon e Moscato (SEAB, 2013). As uvas *Vitis labrusca* devido a sua rusticidade adaptam-se mais facilmente às condições climáticas, apresentando um custo de produção menor, além de conferirem ao suco características que são mais apreciadas pelos consumidores quando comparadas às uvas viníferas.

Este setor vem sofrendo grandes modificações em virtude da mudança de hábitos alimentares dos consumidores nos últimos anos, os quais estão buscando uma dieta com benefícios adicionais aos nutricionais. O que se observa atualmente são modificações na cadeia produtiva aonde o sistema de produção orgânico vem

sendo inserido. Os produtos oriundos desse sistema caracterizam-se principalmente pela ausência de resíduos de agrotóxicos, mas também podem se evidenciar por apresentarem características químicas importantes (BRASIL, 2009). A produção agroecológica brasileira é mundialmente reconhecida e distingue-se pela preocupação com as questões sócio-ambientais e de sustentabilidade. A região sudoeste do Paraná destaca-se na produção orgânica de uva e derivados.

O sistema de cultivo orgânico pode afetar os teores de compostos fenólicos nas plantas. Neste tipo de cultivo, em função da ausência ou limitação no uso de produtos químicos sintéticos, a planta necessita utilizar seus próprios mecanismos de defesa contra agentes exógenos, aumentando o teor destes compostos (GRINDER-PEDERSEN et al., 2003; ASAMI et al., 2003; LOMBARDI-BOCCIA et al., 2004; DANI et al., 2007).

Visando aumentar a quantidade de compostos fenólicos em frutas e hortaliças, vários métodos pós-colheita vêm sendo utilizados, entre eles destaca-se a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C). Estudos têm demonstrado que a radiação UV-C atua como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, induzindo o metabolismo secundário, especialmente a síntese de compostos fenólicos em uvas (CANTOS et al., 2003; BERTAGNOLLI et al., 2007; GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009).

Como a uva *Vitis labrusca*, cultivar Concord, é bastante cultivada na região sudoeste do Paraná e por existirem poucos estudos referentes à caracterização dos constituintes químicos dessas uvas e dos sucos elaborados a partir desta, este estudo se torna uma estratégia interessante, principalmente quando se relaciona com compostos com possíveis propriedades funcionais.

Espera-se que a produção orgânica, por incluir práticas que estimulam mecanismos de defesa das plantas, proporcione maior síntese e acúmulo de moléculas bioativas nas uvas e respectivos sucos. Além disso, que a aplicação de radiação UV-C, após a colheita da uva, estimule a síntese de compostos bioativos e, como consequência, que os sucos elaborados a partir desta, contenham maior teor destes compostos. Logo, acredita-se que este maior acúmulo de compostos bioativos decorrente desses tratamentos, esteja correlacionado ao maior acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese desses compostos.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do sistema de produção e da radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, e nos seus respectivos sucos.

Hipóteses

Hipótese 1. A produção orgânica, por incluir práticas que estimulam mecanismos de defesa das plantas, proporciona maior síntese e acúmulo de moléculas bioativas em uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord.

Hipótese 2. A aplicação de radiação UV-C após a colheita da uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, estimula a síntese de compostos bioativos.

Hipótese 3. O maior acúmulo de compostos bioativos decorrente da produção orgânica e da aplicação da radiação UV-C está correlacionado ao maior acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese desses compostos.

Hipótese 4. Sucos elaborados com uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, oriundas de produção orgânica contêm maior teor de compostos bioativos de origem fenólica do que aqueles produzidos com uvas da produção convencional, e a aplicação de UV-C pós-colheita incrementa os teores destes compostos.

2. Revisão da Literatura

2.1 Aspectos gerais da videira e da uva

A videira é uma planta pertencente à família *Vitaceae*, que consiste de cerca de mil espécies, agrupadas em dezessete gêneros. Nesta família, o gênero de maior importância agrônômica é o *Vitis*, que é composto por várias espécies que se distribuem no Hemisfério Norte, América do Sul e Ásia (THIS; LACOMBE; THOMAS, 2006). Apesar do significativo número de espécies, são poucas as que apresentam valor comercial, das quais se destacam *Vitis vinífera*, *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e *Vitis rotundifolia* (KUHN, 2003).

Existem cerca de 10 mil variedades de videira adaptadas a vários tipos de solo e clima, o que possibilita o cultivo em quase todas as regiões do mundo. Embora amplamente cultivadas, as uvas são bastante sensíveis e variam de acordo com as condições edafoclimáticas em que se desenvolvem, apresentando características diferenciadas como sabor, acidez, doçura, formato, coloração, resistência da casca, tamanho, quantidade de sementes e formato dos cachos (QUEIROZ-VOLTAN; PIRES, 2003).

No Brasil as primeiras variedades de uvas foram introduzidas pelos portugueses, que trouxeram da Europa as espécies *Vitis vinífera*. Porém, a viticultura brasileira somente se consolidou em meados do século XIX, com a introdução da cultivar de uva americana Isabel (*Vitis labrusca*) pelos imigrantes italianos, culminando na rápida substituição dos vinhedos de uvas européias. O primeiro ciclo de expansão da viticultura brasileira, portanto, teve como base o cultivo de uvas americanas, rústicas e adaptadas às condições edafoclimáticas locais. No século XX as uvas finas voltaram a ganhar expressão para produção de vinhos e para o consumo *in natura*. Atualmente, as uvas finas (*Vitis vinífera*) são usadas em todo o mundo para consumo *in natura* e processamento. No Brasil, é também comum o uso de uvas americanas (*Vitis labrusca* e outras espécies) (CAMARGO; MAIA; RITSCHHEL, 2010).

As uvas *Vitis labrusca* caracterizam-se por apresentar elevada produtividade e relativamente boa resistência às doenças que, normalmente, atacam as *Vitis vinífera*. Além disso, produzem mostos tintórios, com intensa coloração, sabor e aroma foxados, alta acidez, teor de pectina mais elevado e menor potencial de

produção de açúcares quando comparadas com as cultivares *Vitis vinífera*, nas mesmas condições de cultivos (MALGARIM et al., 2006).

A uva é uma fruta não-climatérica, que apresenta uma taxa de atividade respiratória relativamente baixa e não amadurece após a colheita. Portanto, somente ao atingir seu estágio ótimo de aparência, *flavor* e textura é que a colheita pode ser efetuada (BENATO, 1998).

A composição química da uva exprime de forma básica o valor nutritivo, bem como a proporção de componentes que a constituem. A uva é rica em nutrientes como açúcares, ácidos orgânicos, compostos nitrogenados, vitaminas e minerais e também em compostos fenólicos (GIOVANINNI; MANFROI, 2009). Existem vários fatores que afetam a composição da uva e a qualidade dos produtos derivados, entre eles estão as condições climáticas, o solo e as práticas de cultivo, além das características intrínsecas de cada cultivar (CATALUÑA, 1991; OUGH, 1996).

Entre esses fatores, as práticas agrícolas merecem destaque devido a grande popularidade que as culturas de manejo orgânico têm ganhado nas últimas décadas em virtude da consciência da população na manutenção da saúde, em função da preocupação com a presença de pesticidas nos frutos e seus possíveis efeitos nocivos. Tal fato tem levado cada vez mais consumidores a optarem pelo consumo de alimentos orgânicos (CARDOSO et al., 2011).

Diferenças fundamentais entre os sistemas de produção convencional e orgânico, especialmente na gestão da fertilidade do solo, podem afetar a composição nutritiva das plantas. A agricultura convencional utiliza fertilizantes que contêm nitrogênio inorgânico solúvel e outros nutrientes, que são facilmente disponíveis para as plantas. Na agricultura orgânica, os nutrientes são fornecidos através da rotação de culturas, cobertura do solo e adubo de origem animal (PICCHI et al., 2012).

Estudos têm verificado que no cultivo orgânico como não são utilizados produtos químicos sintéticos para minimizar o ataque de micro-organismos e insetos, as plantas cultivadas nesse sistema de produção necessitam dispor de seus próprios mecanismos de defesa. O mecanismo natural de defesa das plantas é obtido por meio do metabolismo secundário, com produção de compostos como, por exemplo, o resveratrol e compostos fenólicos, dentre outros (DANI, 2006; FREITAS et al., 2010). Geralmente as plantas provindas da agricultura orgânica têm um período de amadurecimento maior em comparação com as convencionais,

principalmente devido a uma liberação mais lenta de nutrientes do solo para a planta (GRINDER-PEDERSEN et al., 2003).

2.2 Suco de uva

Um das várias alternativas para o aproveitamento da uva é a elaboração de suco. Suco de uva é a bebida não fermentada, obtida do mosto simples, sulfitado ou concentrado de uva sã, fresca e madura, sendo tolerada a graduação alcoólica até 0,5 % vol. O suco de uva deve apresentar em sua composição um teor mínimo de sólidos solúveis de 14 °Brix, acidez total mínima de 0,41 g.100 g⁻¹ de ácido tartárico e açúcares totais naturais máximos de 20,0 g.100 g⁻¹ (BRASIL, 2004).

Devido à facilidade de elaboração, aliada às suas características sensoriais e ao seu valor nutricional, o suco pode contribuir na dieta alimentar. Este pode ser elaborado com qualquer variedade de uva, desde que esta alcance uma maturação adequada e apresente bom estado sanitário. O suco produzido em muitos países de tradição vitícola é elaborado com uvas *Vitis vinífera* tanto de cultivares brancas quanto tintas. Já o suco de uva brasileiro é elaborado, principalmente, com uvas *Vitis labrusca* (conhecidas como americanas) e híbridas tintas (RIZZON; MANFROI; MENEGUZZO, 1998).

Entre as cultivares de videiras empregadas na elaboração de suco, destacam-se a Concord, Isabel e Bordô, todas da espécie *Vitis labrusca*. A cultivar Concord também é conhecida por Bergerac, Francesa e Francesa Preta. Trata-se de uma uva muito difundida nos Estados Unidos, especialmente no estado de Nova Iorque. Além do suco, essa variedade é cultivada também para produção de uva de mesa e para vinho. O teor de açúcar do mosto varia entre 14 e 16 °Brix, com acidez relativamente baixa (RIZZON; MENEGUZZO, 2007).

Nutricionalmente, o suco é comparado com a própria uva, pois na sua composição estão os constituintes principais tais como: açúcares (glicose e frutose), minerais (potássio, cálcio, magnésio, manganês, sódio e ferro), ácidos (tartárico, málico e cítrico), vitaminas (complexo B, ácido ascórbico e inositol), além dos compostos fenólicos responsáveis por sua cor e estrutura (RIZZON; MENEGUZZO, 2007).

Os constituintes químicos que prevalecem nos sucos, bem como seus teores, podem ser dependentes de vários fatores destacando-se a cultivar e as

condições de cultivo, o método empregado na extração do suco, tratamento térmico e as condições de armazenamento (FALCÃO et al., 2007).

2.3 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além de atuarem como agentes antipatogênicos e contribuírem na pigmentação. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007).

Quimicamente, os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila (ANGELO; JORGE, 2007). Esses compostos são formados através de duas rotas metabólicas: pela via do ácido chiquímico a partir de carboidratos, através da ação da enzima fenilalanina amônia liase (PAL), ou pela via do acetato-polimalato que inicia com acetil-coenzima A e malonil-coenzima A (Figura 1) (CARVALHO; GOSMANN; SCHENKEL, 2010).

Os compostos fenólicos das uvas podem ser classificados em flavonóides e não-flavonóides. Do primeiro grupo, fazem parte os flavanóis (catequina, epicatequina, epigalacatequina), flavonóis (caempferol, quercetina e miricetina) e antocianinas, e ao segundo grupo pertencem os ácidos fenólicos, hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos. Além destes compostos, pode-se encontrar também o resveratrol, polifenol pertencente à classe dos estilbenos (ABE et al., 2007).

Os flavonóides apresentam estrutura química de 15 átomos de carbono, ou seja, 2 anéis benzênicos (anéis A e B) ligados por um grupo pirano (anel C) (Figura 2). Esses compostos são derivados tanto da rota metabólica via ácido chiquímico, quanto da via do ácido malônico. Para que haja a biossíntese de flavonóides é necessária a atuação da chalcona sintase (CHS), que forma as chalconas. A partir daí, haverá a formação de sua estrutura básica ($C_6-C_3-C_6$) que irá conduzir a formação de importantes flavonóides. Variações na substituição do anel central resultam em importantes classes de flavonóides, como: flavonóis, flavanóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas e antocianinas (Figura 2) (MAMEDE; PASTORE, 2004; ANGELO; JORGE, 2007; VOLP et al., 2008; ZUANAZZI; MONTANHA, 2010).

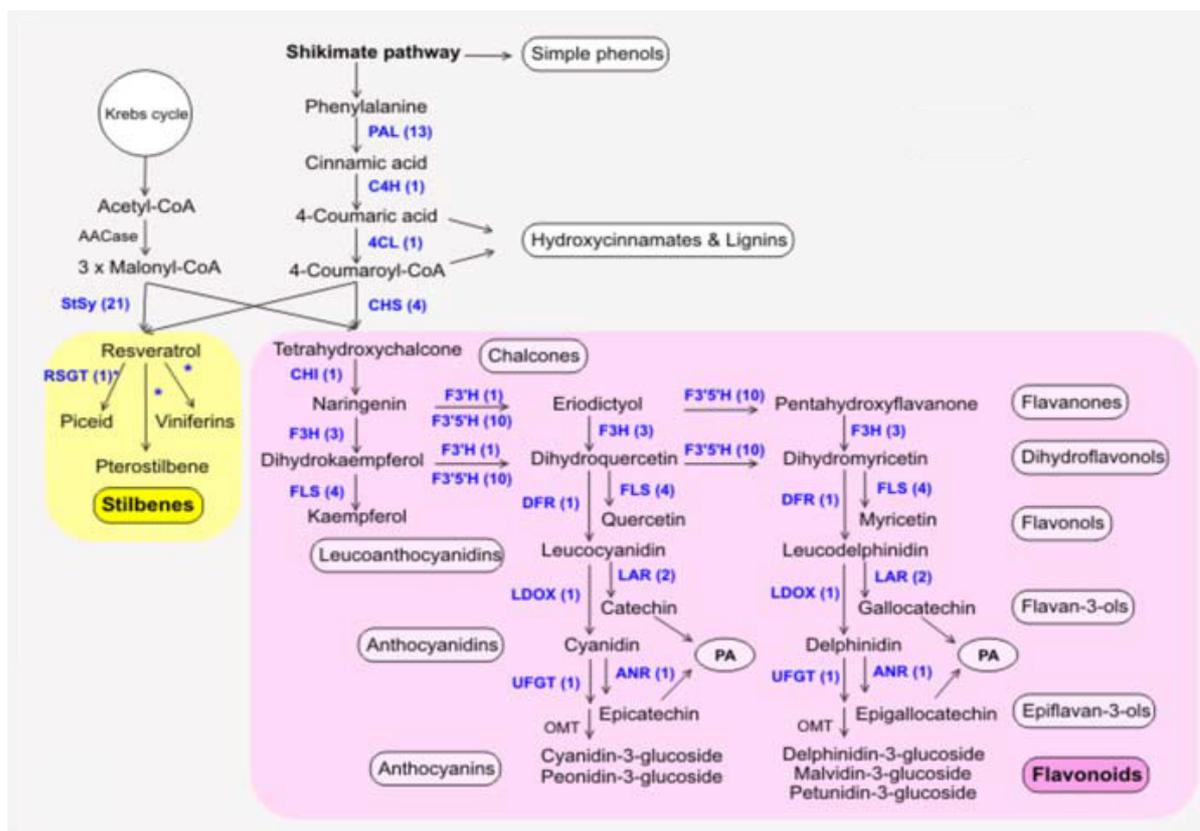


Figura 1. Rota metabólica de formação de compostos fenólicos. Nomes e abreviaturas das enzimas envolvidas: fenilalanina amônia liase (PAL), cinamato 4-hidroxilase, 4-coumarato-CoA ligase, chalconasintase (CHS), estilbenosintase (StSy), resveratrolglicosiltransferase (RSGT), chalconaisomerase (CHI), flavanona 3-hidroxilase (F3H), flavonóide 3'-hidroxilase (F3'5'H), flavonoide 3',5'-hidroxilase, dihydroflavonol-4-redutase (DFR), flavonol sintase (FLS), leucoantocianidinadióxigenase (LDOX), leucoantocianidinaredutase (LAR), antocianidinaredutase (ANR), UDP-glicose:flavonoide 3-O-glicosiltransferase (UFGT), O-metiltransferase (OMT), acetilCoAcarboxilase (ACCase). PA refere-se à proantocianidinas.

Fonte: Adaptado de Velasco et al., 2007.

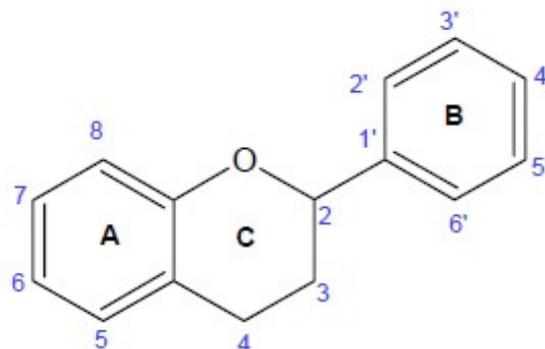
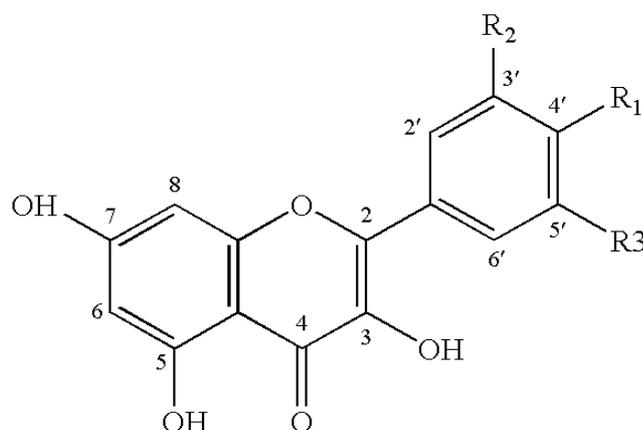


Figura 2. Núcleo fundamental dos flavonóides.

Fonte: Zuanazzi; Montanha, 2010.

Os flavonóis são flavonas substituídas na posição C-3 por uma hidroxila. Nesta classe pode-se encontrar a quercetina, o campferol e a miricetina (MAMEDE; PASTORE, 2004; ZUANAZZI; MONTANHA, 2010). A quercetina é o mais abundante flavonóide presente na dieta humana (Figura 3) (BEHLING et al., 2004).



Kaempferol: R1 = OH, R2 = H, R3 = H

Quercetin: R1 = OH, R2 = OH, R3 = H

Myricetin: R1 = OH, R2 = OH, R3 = OH

Figura 3. Estrutura genérica dos flavonóis.

Fonte: Schmidt et al., 2011.

Pertencem ao grupo dos flavanóis a catequina, a epicatequina, a epigalocatequina, as procianidinas e os polímeros de taninos (Figura 4). Esses

compostos são encontrados em maior quantidade nas sementes e no engaço da uva (MAMEDE; PASTORE, 2004).

A enzima flavanona 3-hidroxilase (F3H) destaca-se na rota metabólica dos compostos fenólicos por sintetizar os dehidroflavonóis, compostos estes precursores dos flavonóis e flavanóis (Figura 1) (WANG et al., 2010).

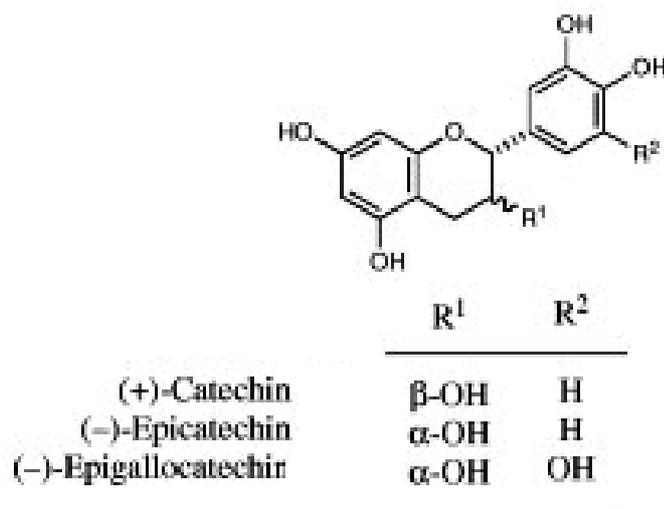


Figura 4. Estrutura genérica dos flavanóis.

Fonte: Matsuda et al., 2011.

A molécula de antocianina é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (Figura 5). Apenas seis antocianinas são importantes em alimentos (perlargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina). A glicosilação pode ocorrer em várias posições, sendo observada com maior frequência na posição 3. Os açúcares encontrados mais frequentemente são: glicose, galactose, ramnose, arabinose e xilose. Os substituintes acilas dos açúcares mais comuns são os derivados dos ácidos hidroxi-cinâmicos: ácido p-cumárico, ácido caféico e ácido ferúlico. As antocianinas são responsáveis pela coloração roxa das uvas (MAMEDE; PASTORE, 2004; MALACRIDA; MOTTA, 2006; ZUANAZZI; MONTANHA, 2010), sendo que as uvas *Vitis labrusca* cv. Concord contém como principais antocianinas a cianidina, delphinidina, peonidina, petunina e malvidina (MALACRIDA; MOTTA, 2006; HALL et al., 2012).

As antocianinas são sintetizadas por uma importante enzima reguladora que é a antocianidinina sintase (ANS). Esta enzima no ponto de ramificação converte a leucoantocianidina incolor a antocianidinas que são coloridas. Enquanto que a enzima UDP-glicose:flavonoide3-O-glicosiltransferase (UFGT) converte este substrato em antocianinas (Figura 1) (WANG et al., 2010).

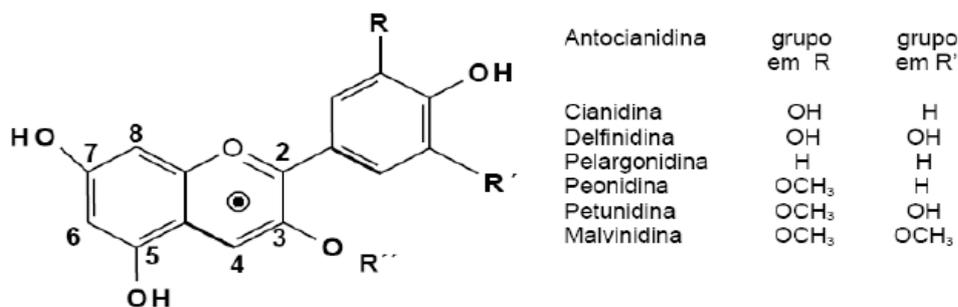


Figura 5. Estrutura genérica das antocianinas a partir do esqueleto das antocianidinas.

Fonte: Lima; Guerra, 2003.

O resveratrol é um estilbeno que pode ser encontrado sob a forma glicosídica ou aglicosídica. A aglicona pode ser encontrada sob duas formas isômeras: *trans*-resveratrol (3,5,4'-*trans*-trihidroxiestilbeno) e *cis*-resveratrol (3,5,4'-*cis*-trihidroxiestilbeno) (Figura 6) (SAUTTER, 2003). O *trans*-resveratrol é a forma mais comumente encontrada, sendo que a fonte potencial mais importante para humanos encontra-se nas uvas. Sua síntese se inicia, principalmente, na casca da fruta e é ausente ou em baixíssima concentração na polpa (BERTAGNOLLI et al., 2007; GUERRERO et al., 2010; FERNÁNDEZ-MAR et al., 2012). A enzima estilbeno sintase é responsável pela catalisação da condensação de 4-coumaril-CoA com três unidade C₂ de malonil-CoA para produção de estilbenos (Figura 1) (PAN; WANG; LI, 2009).

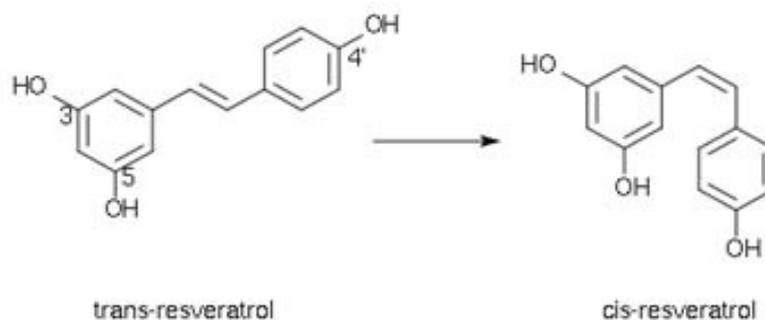


Figura 6. Estrutura química do *trans*-resveratrol e *cis*-resveratrol.

Fonte: Brisdelli; D'andrea; Bozzi, 2009.

2.4 Atividade antioxidante

Durante o metabolismo celular normal do organismo humano diversas espécies reativas são produzidas. No entanto, o organismo possui defesas antioxidantes para controlar e retirar essas espécies, a fim de manter-se em equilíbrio. Os mecanismos de defesa são baseados em enzimas e moléculas antioxidantes (VASCONCELOS et al., 2007).

O termo radical livre ou espécies reativas de oxigênio é utilizado para designar qualquer átomo ou molécula com existência independente, contendo um ou mais elétrons não pareados nos orbitais externos, o que o leva a exercer uma alta reatividade frente aos compostos que se aproximam de sua órbita externa (PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

Estas espécies reativas podem ser geradas por fontes endógenas ou exógenas. Por fontes endógenas, originam-se de processos biológicos que, normalmente, ocorrem no organismo, podendo ser formadas no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana. Como fontes exógenas, têm-se radiações gama e ultravioleta, medicamentos, dieta, cigarro e poluentes ambientais (SOARES, 2002).

O estresse oxidativo tem sido associado ao desenvolvimento de muitas doenças crônicas e degenerativas, incluindo o câncer, doenças cardíacas, Alzheimer, e está envolvido no processo de envelhecimento (ROESLER et al., 2007; PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

Os antioxidantes são compostos que possuem capacidade de reagir com os radicais livres, retardando ou prevenindo sua oxidação, quelando os íons metálicos e prevenindo a oxidação lipídica e assim restringindo os efeitos prejudiciais ao

organismo. Esses mecanismos protetores se classificam em duas categorias: os enzimáticos como a superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase e glutathione reductase, as quais apresentam capacidade para bloquear o início da oxidação; e os não enzimáticos como os compostos fenólicos, ácido úrico, glutathione, ácido ascórbico e carotenóides, que interagem com as espécies reativas de oxigênio e são consumidos durante a reação (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; BIANCHI; ANTUNES, 1999; VASCONCELOS et al., 2007).

Desta forma, os compostos antioxidantes podem ter origem endógena ou serem provenientes da dieta alimentar. Os alimentos com propriedade antioxidante podem estar incluídos na categoria de funcionais e apresentam diferentes constituintes químicos que na sua maioria são provenientes do metabolismo secundário, também denominado de especializado (RAMAKRISHNA; RAVISHANKAR, 2011). A atividade antioxidante de um determinado fruto é, normalmente, resultante da interação de seus compostos, podendo haver efeitos sinérgicos (KUSKOSKI et al., 2006). Compostos típicos que possuem atividade antioxidante incluem a classe dos fenóis, ácidos fenólicos e seus derivados, flavonóides, tocoferóis, fosfolipídios, aminoácidos, ácido fítico, ácido ascórbico e esteróis (ROESLER et al., 2007).

Há evidências que a atividade antioxidante se deve, principalmente, à estrutura fenólica, sendo que a eficiência é determinada pelos grupos funcionais presentes e pela posição que ocupam no anel aromático, bem como pelo tamanho da cadeia desses grupos (MELO; GUERRA, 2002; SAHREEN; KHAN; KHAN, 2010).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos vem sendo relacionada à presença de grupos hidroxila em sua estrutura química, fator considerado crítico para a neutralização de radicais livres. Essa neutralização é primariamente atribuída à alta reatividade dos substituintes hidroxilas (OH^\cdot) que neutralizam os radicais livres. O grupamento hidroxila cede um átomo de hidrogênio e um elétron para o radical livre, estabilizando-o. Devido à capacidade do grupo aromático presente na estrutura dos compostos fenólicos se reestruturarem frente ao desemparelhamento de elétrons, a estrutura do mesmo se mantém estável sem que seja formado um novo radical livre na célula (DECKER, 1997; ELISIA et al., 2007).

Além das hidroxilas dos grupos funcionais adjacentes (*orto*-difenois), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ($-\text{C}=\text{O}$) de algumas moléculas de

flavonóides fornecem a esses compostos alta atividade antioxidante (MAMEDE; PASTORE, 2004).

A atividade antioxidante destas substâncias é de interesse nutricional, uma vez que tem sido associada à potencialização de efeitos promotores da saúde humana prevenindo o risco da ocorrência de várias doenças. Os compostos fenólicos da dieta podem exercer efeitos anti-escleróticos e anti-trombóticos, podendo contribuir com um papel potencialmente protetor nas doenças cardiovasculares (HOLLMAN, 2001). Além disso, esses compostos podem prevenir a proliferação de células tumorais pelos mecanismos de inativação ou baixa regulação das enzimas pró-oxidantes e enzimas de sinalização da transdução (SHANAFELT et al., 2006). Estas substâncias bioativas permanecem como uma suposta fonte para a inovadora intervenção dietética à saúde na prevenção nutricional da osteoporose (COXAM, 2005; GIADA; FILHO, 2006).

Uvas (particularmente as variedades tintas) contêm grande quantidade de compostos fenólicos e têm sido amplamente estudadas e, como tal, constituem uma boa fonte de antioxidantes (ALONSO BORBALAN et al., 2003; HOGAN et al. 2010; XU et al., 2012). Além disso, os produtos derivados da uva também têm sido relacionados por apresentar efeitos potencialmente benéficos à saúde. O consumo de vinho tem sido associado com a redução da agregação plaquetária (RENAUD; DE LORGERIL, 1992) e inibição da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (PARKER et al., 2007). Já o consumo de suco de uva, tem sido associado com a melhoria da função endotelial, aumento da capacidade antioxidante do soro, proteção contra a oxidação da LDL, diminuição da oxidação de proteínas do plasma e redução da agregação das plaquetas (KEEVIL et al., 2000; CHOU et al., 2001; DÁVALOS; BARTOLOMÉ; GÓMEZ-CORDOVÉS, 2005).

2.5 Radiação UV-C

A radiação ultravioleta (UV) está compreendida em um comprimento de onda na região não-ionizante do espectro eletromagnético entre os raios X (100 nm) e a luz visível (400 nm), que pode ser dividida em três regiões: UV-A (320 a 400 nm), que normalmente é responsável pelo bronzeamento da pele humana; UV-B (280 a 320 nm), que causa queimaduras de pele e pode levar ao câncer de pele; e UV-C (200 a 280 nm), que é chamada de germicida, uma vez que atua na inativação

de micro-organismos (BINTSIS; LITOPOULOU-ZANETAKI; ROBINSON, 2000; KOUTCHAMA, 2009).

Estudos vêm demonstrando que a radiação ultravioleta tipo C (UV-C), constitui-se num método de conservação de alimentos (GONZÁLES-AGUILAR et al., 2007; FALGUERA et al., 2011). Além disso, evidências têm mostrado que o estímulo do metabolismo secundário é uma característica típica de reação a vários tratamentos pós-colheita (BENHAMOU, 2004). A radiação ultravioleta age como um agente estressor abiótico nos tecidos dos vegetais, provocando uma situação de estresse o qual ativa os mecanismos de defesa da planta (BERTAGNOLLI et al., 2007). Estes mecanismos incluem a síntese e acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas), modificações na parede celular, aumento na atividade de enzimas antioxidantes e indução do metabolismo dos compostos fenólicos, proporcionando proteção à deterioração, podendo inclusive melhorar o potencial funcional do alimento (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009).

Em uvas, os estudos estavam focados inicialmente em inibir o desenvolvimento de micro-organismos e mais tarde, o objetivo foi induzir a produção de compostos fenólicos, principalmente o resveratrol (TRÍSKA; HOUŠKA, 2012). As pesquisas não se detiveram somente nas mudanças que ocorrem na fruta, estendendo as investigações para seus produtos derivados, como sucos e vinhos.

Cantos, Garcia-Vigueira e Pascual-Teresa (2000) estudaram a influência de tratamentos pós-colheita de uvas usando radiação UV-C e UV-B e verificaram níveis mais elevados de resveratrol quando foi aplicada a radiação UV-C. Cantos, Espín e Tomas-Barberan (2001) estudaram as condições ótimas da aplicação da radiação UV-C em uvas e propuseram que estas condições seriam: distância de 40 cm, tempo de radiação de 30 s, potência da fonte de 500 W, e armazenamento de 3 dias. Segundo Li, Zheng e Yan. (2008), as radiações UV-B e UV-C podem induzir à síntese de resveratrol na casca de bagas de uva. Estes autores observaram também que o efeito da UV-C na indução do resveratrol na casca das uvas foi superior ao da UV-B. Guerrero et al. (2010) constataram que o aumento de *trans*-resveratrol e outros estilbenos sete dias após a aplicação desta radiação em uvas podem diferir dependendo da variedade.

No que tange aos sucos de uva, Sautter (2003) observou aumento no teor de antocianinas de suco de uvas irradiadas. A concentração de estilbeno aumentou após o tratamento pós-colheita com UV-C. Ao avaliarem sucos de uvas, Pala e

Toklucu (2013) observaram que os compostos fenólicos e a atividade dos mesmos foram conservados após a aplicação da radiação UV-C. Além disso, as antocianinas - principais pigmentos indicadores de qualidade da cor dos sucos - foram reforçadas por esta radiação em comparação ao tratamento térmico utilizado nos sucos.

Capítulo 1

Sistemas de produção e radiação UV-C pós-colheita na composição da uva (*Vitis labrusca* cv. Concord)

1. Introdução

Em função da facilidade de adaptação a várias condições edafoclimáticas, a aceitabilidade e a pluraridade de processamento da uva, é que a videira é uma das espécies frutíferas mais cultivadas no planeta. A isso, associam-se os efeitos benéficos dessa fruta e dos derivados (suco, néctar, vinho, vinagre, geleias) à saúde (ÇETIN et al., 2011). Dentre as espécies mais cultivadas estão a *Vitis vinifera*, mais apta à produção de vinhos finos, e a *Vitis labrusca*, mais rústica, produtora de uvas com maior amplitude de uso (consumo *in natura*, sucos, vinho de mesa, vinagre, geleias e outros) (CAMARGO, 2003; GUERRA, 2003).

A cultivar Concord é uma *Vitis labrusca* amplamente cultivada nos estados do Sul do Brasil, principalmente, para a produção de sucos, sejam eles produzidos unicamente com essa cultivar ou em *blends* com outras variedades. A grande contribuição dessa uva na produção de suco é atribuída ao excelente sabor. Porém, de modo geral, não se caracteriza como uma uva rica em antocianinas, resultando em produtos com coloração pouco intensa (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2011). Dentre os principais constituintes da uva Concord, à semelhança das demais cultivares, estão a água, os açúcares, os ácidos, os compostos fenólicos totais e os compostos voláteis (GIOVANINNI; MANFROI, 2009). Dentre esses componentes, os que têm recebido maior atenção, pela importância nutricional e pelo potencial funcional são os compostos fenólicos, que são moléculas resultantes do metabolismo especializado das plantas (MALACRIDA; MOTTA, 2005; ROCKENBACH et al., 2008).

Sob o aspecto bioquímico-fisiológico, a síntese de compostos do metabolismo secundário, também denominado de metabolismo especializado, inicia nos plastídeos. A partir daí, as derivações metabólicas levam ao acúmulo desses compostos, tanto nessa organela, como em outros compartimentos sub-celulares, como vacúolos, mitocôndria, peroxissomos ou parede celular (ZHONG, 2011). Estes compostos podem ser classificados em flavonóides e não-flavonóides. Do primeiro grupo, fazem parte os flavanóis (catequina, epicatequina, epigalacatequina),

flavonóis (caempferol, quercetina e miricetina) e antocianinas, e ao segundo grupo pertencem os ácidos fenólicos, hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos. Além desses compostos, pode também haver síntese e acúmulo de estilbenos, como o resveratrol (ABE et al., 2007).

A biossíntese dos compostos fenólicos é diretamente influenciada pelas características genéticas da cultivar e pelas condições de cultivo, como é o caso do porta-enxerto, da temperatura, da umidade, da exposição solar, do tipo de solo e da adubação (FULEKI; RICARDO-DA-SILVA, 2003). Esses fatores afetam a expressão gênica das principais enzimas dessa via de biossíntese como é o caso da fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), flavanone-3-hydroxilase (F3H), antocianidina sintase (ANS) e chalcona isomerase (CHI) (SAMUELIAN et al., 2009). Já, a enzima estilbeno sintase (STS) atua na síntese de estilbenos, como o resveratrol (PAN et al., 2009).

Como mencionado anteriormente, o sistema de cultivo é um dos fatores que influencia a síntese e acúmulo dos compostos fenólicos nas videiras (DANI, 2006). Atualmente, com a valorização de sistemas que estabeleçam compromisso com a preservação do meio ambiente e com a saúde do produtor e do consumidor, o sistema de produção orgânica tem se expandido como forma de atender às tendências atuais de produção e consumo. Como nesse tipo de cultivo não são utilizados produtos químicos sintéticos (exceto sulfato de cobre, hidróxido de cálcio e enxofre), as plantas cultivadas no sistema orgânico de produção necessitam dispor de seus próprios mecanismos de defesa. O mecanismo natural de defesa das plantas é gerado por modulação do metabolismo secundário, com produção de compostos como, por exemplo, o resveratrol, dentre outros (FREITAS et al., 2010; GRIS et al., 2013). Porém, há outros mecanismos de defesa, incluindo a síntese de outras moléculas como terpenos e compostos nitrogenados, além de proteínas conhecidas como PRP'S (*pathogenesis related protein*), que conferem tolerância ou resistência a patógenos (FERNANDES et al., 2009). Outro aspecto relevante é que, geralmente, frutos de plantas cultivadas em sistema orgânico têm um período de amadurecimento maior em comparação com aquelas provenientes de plantas cultivadas em sistema convencional, principalmente, devido à liberação mais lenta de nutrientes pelo solo (GRINDER-PEDERSEN et al., 2003). Como os flavonóides são formados durante o período de amadurecimento, acredita-se que o teor desses

seja maior nas plantas com manejo orgânico, pela alteração do ciclo e/ou pelas condições de cultivo (MAGKOS; ARVANITI; ZAMPELAS, 2006).

Os compostos fenólicos originados do metabolismo especializado das plantas são essenciais para o seu crescimento e reprodução, e, além disso, se formam em maior quantidade em condições de estresse como infecções, ferimentos, radiação ultravioleta (UV), dentre outros (ANGELO; JORGE, 2007). Por exemplo, a incidência da radiação UV nos tecidos de plantas apresenta efeito importante sobre o metabolismo fenólico. A luz ultravioleta do tipo C (UV-C) é uma radiação não ionizante germicida, que apresenta comprimento de onda na faixa de 200 a 280nm. Esse tipo de radiação produz estresse abiótico nos tecidos da planta e afeta o metabolismo fenólico em diferentes vias, tanto na síntese de resveratrol como na síntese de chalcona e seus derivados, sendo eles flavonóides e/ou compostos aromáticos (SAUTTER, 2003).

A radiação UV-C tem sido amplamente estudada como tratamento pós-colheita na desinfecção de frutas e outros vegetais (BINTSIS; LITOPOULOU-TZANETAKI; ROBINSON, 2000; TIECHER et al., 2013). Esse tratamento tem sido considerado uma tecnologia emergente no processamento de sucos de frutas, pois sem utilizar altas temperaturas, possibilita produzir sucos microbiologicamente seguros e com manutenção de características químicas e sensoriais (PALA; TOKLUCU, 2013). Além disso, trabalhos têm relatado a aplicação de UV-C para induzir o aumento de compostos fenólicos, principalmente o resveratrol, em uvas, vinhos e sucos (CANTOS, ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2001; CANTOS, ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2002; BERTAGNOLLI et al., 2007; GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009; GUERRERO et al., 2010; PALA; TOKLUCU, 2013; TIECHER et al., 2013).

Como o sistema de cultivo da videira diferenciado e o emprego da radiação ultravioleta tipo C após a colheita pode afetar o acúmulo de compostos fenólicos da uva, o estudo dos genes que estão envolvidos na biossíntese desses compostos pode elucidar de que forma o sistema de cultivo e a radiação UV-C afetam o metabolismo da fruta em nível molecular. Para se testar essa hipótese, buscou-se identificar e quantificar os principais compostos bioativos presentes nas uvas (*Vitis labrusca* cv. Concord) de sistemas de produção convencional e orgânico, assim como, aqueles induzidos ou reprimidos como resposta ao estresse abiótico proporcionado pela radiação UV-C, relacionando essas respostas com o acúmulo de

transcritos dos principais genes envolvidos nas vias de biossíntese dessas moléculas.

Neste contexto, as hipóteses desse trabalho são:

Hipótese 1. A produção orgânica, por incluir práticas que estimulam mecanismos de defesa das plantas, proporciona maior síntese e acúmulo de moléculas bioativas nas uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord.

Hipótese 2. A aplicação de radiação UV-C, após a colheita da uva, estimula a síntese de compostos bioativos.

Hipótese 3. O maior acúmulo de compostos bioativos decorrente da produção orgânica e da aplicação da radiação UV-C está correlacionada ao maior acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese desses compostos.

2. Material e Métodos

2.1 Material vegetal

O estudo foi conduzido com uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, safra 2011/2012, provenientes de dois vinhedos comerciais localizados no município de Verê, região Sudoeste do Paraná. Esse município pertence à microrregião de Francisco Beltrão e está localizado a uma altitude de 485 m, latitude de 25 ° 52 ' 43 " S e longitude de 52 ° 54 ' 28 " W, sob clima subtropical.

As uvas foram colhidas de vinhedos de 10 anos, conduzidos em sistema latada, oriundos de produção convencional (altitude de 564 m, latitude de 25 ° 54' 01" S e longitude de 52 ° 53 ' 51 " W) e orgânica (altitude de 492 m, latitude de 25° 51' 21" S e longitude de 52° 55' 06" W) de propriedades próximas (5,3 km) e, portanto, sob condições climáticas e edafológicas semelhantes.

No sistema de produção convencional foi realizada a adubação química do solo e foram utilizados fungicidas para o controle de fungos. No sistema orgânico, o solo do vinhedo possui a cobertura verde e não foram utilizados fungicidas orgânicos sintéticos. Somente se fez o uso de tratamentos permitidos pela certificação orgânica para o controle de doenças, como é o caso do sulfato de cobre, hidróxido

de cálcio e enxofre. As características dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânico estão apontados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânica

| Análises | Solo vinhedo de sistema convencional | Solo vinhedo de sistema orgânico |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Matéria orgânica (g.dm ⁻³) | 26,80 | 36,19 |
| Fósforo (mg.dm ⁻³) | 6,14 | 25,85 |
| Potássio (cmol.dm ⁻³) | 0,38 | 0,55 |
| Cobre (mg.dm ⁻³) | 11,63 | 22,32 |
| Ferro (mg.dm ⁻³) | 27,52 | 56,26 |
| Zinco (mg.dm ⁻³) | 6,13 | 13,36 |
| Manganês (mg.dm ⁻³) | 203,70 | 220,08 |
| Cálcio (cmol.dm ⁻³) | 6,34 | 8,30 |
| Magnésio (cmol.dm ⁻³) | 2,35 | 3,39 |
| Alumínio (cmol.dm ⁻³) | 0,00 | 0,00 |
| H + Al (cmol.dm ⁻³) | 3,68 | 3,42 |
| SB* (cmol.dm ⁻³) | 9,07 | 12,24 |
| Índice SMP | 6,40 | 6,50 |
| V* (%) | 71,14 | 78,16 |
| Saturação de alumínio (%) | 0,00 | 0,00 |
| pH (CaCl ₂) | 5,69 | 5,60 |

*SB: soma de bases trocáveis; V: saturação por bases. Análises realizadas no Laboratório de análises de solos UTFPR/IAPAR, 2011.

A colheita foi realizada quando a uva atingiu a plena maturação tecnológica, caracterizada pela estabilização no acúmulo de sólidos solúveis totais. Posteriormente à colheita das uvas, os cachos foram selecionados de acordo com o grau de sanidade, lavados e sanitizados em água clorada (hipoclorito de sódio 50 mg.L⁻¹, pH 5,0, 23 ± 3°C). A drenagem do excesso de água foi realizada com auxílio de peneiras e posterior acondicionamento em caixas plásticas perfuradas que facilitam o escoamento do excedente de água. Após esse procedimento as mesmas foram separadas em unidades experimentais de 25 kg de uva. Um grupo de unidades experimentais permaneceu sem tratamento com UV-C (controle), visando testar as hipóteses 1 e 3, e o outro foi submetido ao tratamento pós-colheita com UV-C, visando testar as hipóteses 2 e 3. Este procedimento foi realizado para o sistema de produção convencional e para o orgânico separadamente. Assim, na etapa de produção das uvas não houve triplicata dos tratamentos, tendo-se utilizado apenas um vinhedo em produção orgânica e um vinhedo em produção convencional. Mas, de cada vinhedo, foram coletadas amostras que constituíram as três unidades

experimentais e nessas foram realizados os tratamentos pós-colheita e as análises em triplicata técnica.

2.2 Tratamento pós-colheita com UV-C

As uvas foram submetidas ao tratamento com radiação UV-C segundo método descrito por Cantos, Espín e Tomás-Barberán (2001), com modificações descritas a seguir. Foram utilizados os seguintes parâmetros: taxa de fluência da radiação de $65,6 \text{ J.m}^{-2}$ e distância de 30 cm entre a fonte luminosa e as uvas. As uvas foram dispostas em uma única camada em bandejas brancas as quais foram submetidas à radiação em cabine equipada com três lâmpadas UV-C (90 W Philips®) por 5 minutos. Em seguida, os cachos foram girados 180° e permaneceram sob a fonte luminosa por mais 5 minutos, totalizando um tempo de radiação de 10 minutos. O material radiado foi estocado por três dias à temperatura de $23 \pm 3^\circ\text{C}$, na ausência de luz, para promover a indução da biossíntese de compostos bioativos.

2.3 Análises físico-químicas nas uvas

2.3.1 Sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH

As bagas das uvas dos sistemas de produção orgânica e convencional, com e sem tratamento UV-C, foram trituradas em liquidificador por 10 minutos, a fim de realizar as análises de sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável e pH, segundo métodos descrito pela AOAC (2000).

2.3.2 Compostos fenólicos totais, antocianinas totais, taninos totais, compostos fenólicos individuais e atividade antioxidante

Para a determinação dos principais compostos bioativos das uvas foi preparado extrato hidroalcolólico a frio segundo método descrito por Vedana (2008), com modificações descritas a seguir. Foram utilizadas quantidades iguais de uva e etanol 80% (1:1 p/v), triturando-se o material em liquidificador por 10 minutos. Após esse período, a amostra foi centrifugada a 1500 g por 20 minutos. Ao precipitado foi novamente adicionado etanol 80% (100 mL) para mais uma extração por 10 minutos e centrifugação. Essa etapa foi repetida mais uma vez. Todos os sobrenadantes

foram reunidos constituindo o extrato hidroalcolico. O extrato foi mantido a -18°C até a realização das análises.

2.3.2.1 Compostos fenólicos totais

O teor dos compostos fenólicos totais das uvas foi determinado pelo método colorimétrico descrito por Singleton e Rossi (1965). Uma alíquota de 1 g de extrato foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL ao qual foi adicionado 60 mL de água ultra pura e 5 mL de reagente Folin-Ciocalteu. Depois de transcorridos 8 minutos foram adicionados 20 mL da solução de carbonato de sódio 20%, e o volume de 100 mL foi completado com água ultra pura. Essa mistura ficou em repouso, ao abrigo da luz, durante 2 h e em seguida foi filtrada. Em análises preliminares exploratórias para otimização do método, verificou-se que as amostras apresentavam elevados teores de compostos fenólicos. Por isso, as amostras foram diluídas 2,5 vezes. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 725 nm. Para a obtenção da equação de regressão, foi preparada uma solução inicial de ácido gálico ($1,0 \text{ g.L}^{-1}$). A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão com 80; 160; 240; 320; 400 $\mu\text{g}.100 \text{ mL}^{-1}$ de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente. 100 g^{-1} uva em base úmida.

2.3.2.2 Antocianinas totais

As antocianinas totais das uvas foram mensuradas através do método de diferença de pH segundo Lee, Durst e Wrolstad (2005). Foram realizadas diluições das amostras (extratos) em balão volumétrico de 50 mL com solução tampão pH 1,0 e procederam-se as leituras em espectrofotômetro a 520 nm. Para cada amostra foram estabelecidas diluições dentro de uma faixa linear da reta de leitura do espectrofotômetro cuja absorbância estava compreendida entre 0,2 e 1,4 nm. Foram determinadas as absorbâncias das amostras diluídas com solução tampão pH 1,0 e pH 4,5, nos comprimentos de onda de 520 e 700nm. Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo. 100 g^{-1} de uva em base úmida.

2.3.2.3 Taninos totais

Os taninos totais das uvas foram mensurados através do método colorimétrico descrito por Rizzon (2010). Em dois tubos de ensaio, um dos quais

sofreu a hidrólise e o outro não, foi colocado 4 mL de amostra diluída a 2,0 %, 2 mL de água destilada e 6 mL de ácido clorídrico concentrado. No tubo submetido à hidrólise, foi adicionado gelo no aparelho de refluxo, e este permaneceu em banho-maria a 100°C durante 30 minutos. Após o resfriamento foi adicionado 1 mL de etanol nos dois tubos. A densidade ótica dos dois tubos foi medida em espectrofotômetro a 550 nm. Os resultados foram expressos em miligramas por 100 g de amostra em base úmida.

2.3.2.4 Compostos fenólicos individuais

A identificação e quantificação dos flavonóides foram realizadas utilizando-se coluna Prodigy 5 μ ODS(3) 250 x 4,60 mm (Phenomenex Ltd, Reino Unido). Utilizou-se gradiente de solventes constituído por A (Água: Tetrahidrofurano: Ácido trifluoroacético 98: 2: 0,1) e B (Acetonitrila), na proporção de 17 % de B por 2 minutos aumentando para 25 % B após 5 minutos, 35 % B após mais 8 minutos e 50% B após mais 5 minutos. Para limpeza da coluna, a % de B foi aumentada então para 90 e a seguir re-equilibrada nas condições iniciais por 10 minutos. Foi utilizado o cromatógrafo líquido da Hewlett Packard série 1100, equipado com detector com arranjo de diodos (DAD). A identificação foi feita a partir da comparação dos tempos de retenção e dos espectros com os dos espectros padrões, armazenados na Biblioteca da ChemStation. Os padrões de antocianinas foram adquiridos da Extrasynthese (Genay, França) e os dos outros flavonóides da Sigma Chemical Co. (St. Louis, E.U.A.). O índice de recuperação variou de 91 % (cianidina) a 107 % (malvidina). As amostras foram injetadas em duplicata e os resultados expressos em miligramas equivalentes de aglicona por 100 g de amostra base úmida (ABE et al., 2007).

2.3.2.5 Resveratrol

Os teores de *trans*-resveratrol das uvas foram avaliados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detector de arranjos de diodos (DAD), segundo a técnica proposta por Ribeiro de Lima et al. (1999), modificada por Spinelli e Vanderlinde (2005) e Weber et al. (2006). As amostras foram preparadas numa alíquota de 30 mL de extrato de uva com três extrações com acetato de etila, sendo que após evaporação do solvente adicionou-se ao resíduo 100 μ L de metanol e 1

mL de água destilada. Depois a solução passou por coluna catiônica e foi lavada com 2 mL de água. A eluição dos compostos foi realizada com 1 mL de metanol, e o eluído filtrado com membrana de 0,45 μm para posterior injeção no cromatógrafo. A identificação foi feita a partir da comparação dos tempos de retenção dos espectros com os espectros padrões (VITRAC et al., 2005). O índice de recuperação foi de 92%.

2.3.2.6 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), conforme descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) com modificações de Rufino et al. (2007). Foram realizadas quatro diluições de cada amostra (extratos). Foi transferida uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição das amostras para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH e 0,1 mL da solução controle de álcool metílico, acetona e água. Em seguida, foi realizada a homogeneização em agitador de tubos. As leituras da absorbância em espectrofotômetro a 515 nm foram realizadas após 30 minutos de reação. O tempo de reação foi estabelecido mediante testes prévios, variando de 30 minutos a 24 horas. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão nas concentrações 10, 20, 30, 40, 50 e 60 μM , a partir de uma solução inicial de DPPH (60 μM). Os resultados foram expressos em EC_{50} (g uva.g^{-1} DPPH), ou seja, os valores obtidos correspondem à quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH.

Adicionalmente, determinou-se a atividade sequestrante de radicais livres a partir de uma curva padrão de Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid). A partir de uma solução inicial de Trolox (20 μM), foram preparadas soluções nas concentrações de 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 μM . De cada concentração foram transferidos 20, 100, 200, 300 e 600 μL para tubos de ensaio e foram adicionados 4 mL da solução de DPPH. Os tubos de ensaio foram agitados, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 515 nm após 30 minutos de reação. Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) em $\mu\text{M.g}^{-1}$ de uva.

A atividade antioxidante também foi determinada pelo método de redução de ferro (FRAP) segundo método descrito por Rufino et al. (2006). Foram realizadas

cinco diluições de cada amostra (extratos). Foi transferida uma alíquota de 90 µL de cada diluição para tubos de ensaio com 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP (tampão acetato 0,3 M, solução de TPTZ - 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina e solução aquosa de cloreto férrico 20 mM), em seguida, os tubos foram homogeneizados e mantidos em banho-maria a 37 °C. A leitura foi realizada a 595 nm após 30 minutos de reação, tempo estabelecido mediante testes prévios. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão nas concentrações 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 mM, a partir de uma solução inicial de Trolox (6 mM). Os resultados foram expressos em micromolar de Trolox por grama de uva.

2.3.3 Extração de RNA, síntese de cDNA e real time PCR (qPCR)

O RNA total foi isolado usando PureLink™ Plant Reagent (Invitrogen), seguido de digestão com DNase I™ (Invitrogen). A qualidade dos RNAs foi verificada em gel de agarose a 2% (m/v). O cDNA foi sintetizado usando SuperScript III RT™ (Invitrogen), de acordo com as instruções do fabricante. As reações de qPCR foram realizadas em 7500 Fast Real Time PCR System (Applied Biosystems®), utilizando cDNA (1 mL; diluída 5x) e 2 mM de *primers forward* e *reverse*, utilizando SYBR® Green PCR Master Mix (Applied Biosystems), num volume total de 20 µL. As amostras foram colocadas em placas de 96 poços. Os parâmetros da reação de qPCR foram: 50 °C, durante dois minutos e 95 °C, durante 10 minutos, 40 ciclos de três fases, de 95 °C, durante 30 segundos e 57 °C, durante um minuto, e 72 °C, durante um minuto. Extensão final a 72 °C, durante cinco minutos, seguiu-se a curva de dissociação padrão para verificar a especificidade do iniciador. As sequências de nucleotídeos utilizados foram: fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), antocianidina sintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) (SAMUELIAN et al., 2009), estilbeno sintase (STS) e o controle endógeno actina (TANG et al., 2010) (Tabela 2). A escolha dos genes baseou-se na via metabólica de biossíntese de compostos fenólicos, que pode ter sido afetada pelos tratamentos. Para cada amostra, o valor de Ct (limiar de ciclo), foi obtido e a quantificação relativa foi calculada da seguinte forma: $RQ = 2^{-\Delta\Delta C_t}$ (LIVAK; SCHMITTGEN, 2001).

Tabela 2. *Primers* específicos utilizados para a análise de PCR quantitativa de genes alvo em uva *Vitis labrusca* cv. Concord

| Genes | Número de acesso | Forward | Reverse |
|---------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Fenilalanina amonia liase (PAL) | ABM67591.1 | TCTTGAAGCTCATGTCTACC | TAGCAGATTGGGAGAGGTG |
| Chalcona sintase (CHS) | AB066275.1 | ACGTCCCAGGGTTGATTTCC | TGCAGTCCTCACCAGTCTC |
| Antocianidina sintase (ANS) | EU156063.1 | ATCTGGCCTAAGACACCAAGC | ATGTTGGGAAAAGGTGCGAGG |
| Flavanona 3- hidroxilase (F3H) | EF192467.1 | ATGGACCAGAAGGTTGTGG | AATCTGGTCAATGGGCTTG |
| Estilbeno sintase (STS) | AY826726 | GCGTTGCCTGGCGTTGAT | GGAAAGTGA CTGCGGTAT |
| Actina | DQ873525 | GCTGAAAGATTCCGATGC | AACAGAACTCACCACCAA |

2.3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado constituindo-se de quatro tratamentos (2 sistemas de produção x com e sem tratamento pós-colheita UV-C). Quanto ao sistema de produção apenas uma repetição de cada tratamento foi viabilizada. Para os estudos pós-colheita foram realizadas três repetições biológicas, sendo avaliadas as variáveis físico-químicas e acúmulo de transcritos de genes com três repetições técnicas de cada repetição biológica (Tabela 3).

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise estatística de variância ANOVA com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises de correlação foram realizadas ao nível de confiança de 95%. As avaliações foram realizadas no software *Statistica 7.0* (STATSOFT, 2005).

Tabela 3. Delineamento experimental para testar o conjunto de hipóteses

| Tratamentos | Variáveis independentes | | Variáveis dependentes |
|-------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | Sistema de produção | Tratamento pós-colheita | |
| 1 | Convencional | sem UV-C | Sólidos solúveis totais Acidez total titulável pH Compostos fenólicos totais |
| 2 | Convencional | com UV-C | Antocianinas totais e individuais (malvidina, delphinidina, cianidina e peonidina) Taninos totais Flavanóis (catequina e epicatequina) |
| 3 | Orgânico | sem UV-C | Flavonóis (quercetina e caempferol) Estilbeno (resveratrol) Atividade antioxidante Expressão transcricional dos genes |
| 4 | Orgânico | com UV-C | |

3. Resultados

3.1 Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C na composição físico-química da uva cv. Concord

Uvas provenientes de vinhedo cultivado em sistema de produção convencional e orgânico, assim como colhidas desses vinhedos e tratadas ou não com UV-C, não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) de pH e de acidez total titulável. Já, uvas colhidas de vinhedo cultivado sob o sistema de produção orgânico apresentaram teor de sólidos solúveis totais significativamente superiores às colhidas de vinhedo de sistema de produção convencional (Tabela 4).

Tabela 4. Características físico-químicas de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita com UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis | Tratamentos Uvas* | | | |
|---|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânica | Orgânica UV-C |
| pH | 3,16 ± 0,04 a A | 3,21 ± 0,05 a A | 3,17 ± 0,05 a A | 3,21 ± 0,07 a A |
| Acidez total titulável (g ácido tartárico.100g ⁻¹ uva) | 1,17 ± 0,02 a A | 1,18 ± 0,05 a A | 1,38 ± 0,39 a A | 1,18 ± 0,05 a A |
| Sólidos solúveis totais (° Brix) | 16,83 ± 0,80 b A | 16,67 ± 0,38 b A | 18,25 ± 0,00 a A | 17,75 ± 0,25 ab A |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre as uvas em cada sistema de produção.

O teor de compostos fenólicos totais foi afetado pelo sistema de produção, obtendo-se valores de 400,76 a 491,35 mg de ácido gálico equivalente.100 g⁻¹ uva, para as uvas de sistema de produção convencional e de sistema de produção orgânica tratada com UV-C, respectivamente. As uvas de sistema de produção orgânico apresentaram teores de compostos fenólicos totais significativamente superiores. Após o tratamento com radiação UV-C houve um incremento do teor desses compostos para as uvas de sistema de produção convencional (Figura 1 A).

Os teores de antocianinas totais foram significativamente maiores nas uvas de produção convencional tratadas com radiação UV-C atingindo valores de 98,00 mg cianidina-3-glicosídeo.100 g⁻¹ uva, enquanto nos demais tratamentos os valores variaram de 65 a 69 mg cianidina-3-glicosídeo.100 g⁻¹ uva. Com relação às antocianinas individuais, as uvas de sistema de produção convencional apresentaram maior teor de peonidina, não havendo diferença nos teores das demais antocianinas em comparação as uvas de sistema de produção orgânico. A aplicação da radiação UV-C proporcionou um incremento dos teores das antocianinas individuais de uvas de sistema de produção convencional quanto de sistema orgânico, a exceção do teor de cianidina que permaneceu inalterado nas uvas de sistema de produção orgânico (Figura 1 E).

As uvas de sistema orgânico apresentaram teor de taninos totais significativamente maiores do que as uvas convencionais. Com o tratamento UV-C,

houve aumento no teor desse componente somente na uva de sistema de produção orgânico (Figura 1 B).

Com relação aos flavanóis, o teor de epicatequina não diferiu estatisticamente entre uvas de sistema de produção orgânico e convencional. Já, as uvas de sistema de produção orgânico apresentaram teor de catequina superior às uvas de sistema de produção convencional. No entanto, quando foi aplicada a radiação UV-C houve um incremento dos teores destes flavanóis em ambas as uvas (Figura 1 C).

Uvas de sistema de produção orgânica apresentaram teores de quercetina de $1,02 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de uva, não tendo sido detectada a presença deste flavonol em uvas de sistema de produção convencional; mas, houve efeito da radiação UV-C nas uvas desse sistema de produção, que passaram a ter $1,07 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de uva após a aplicação desse agente estressor. Não foi detectada a presença de caempferol nas uvas de sistema de produção convencional, nem nas de sistema orgânico. A aplicação da radiação UV-C só induziu o acúmulo deste flavonol em uvas de sistema de produção orgânica (Figura 1 D).

Valores de *trans*-resveratrol de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ foram detectados tanto em uvas de sistema de produção convencional quanto nas uvas do sistema orgânico. Com a aplicação de UV-C houve incremento do teor *trans*-resveratrol somente nas uvas de sistema de produção orgânico, sendo que este foi o componente que percentualmente mais aumentou depois desse tratamento pós-colheita (Figura 1 F). Os valores das análises de compostos bioativos também estão descritos no Apêndice A.

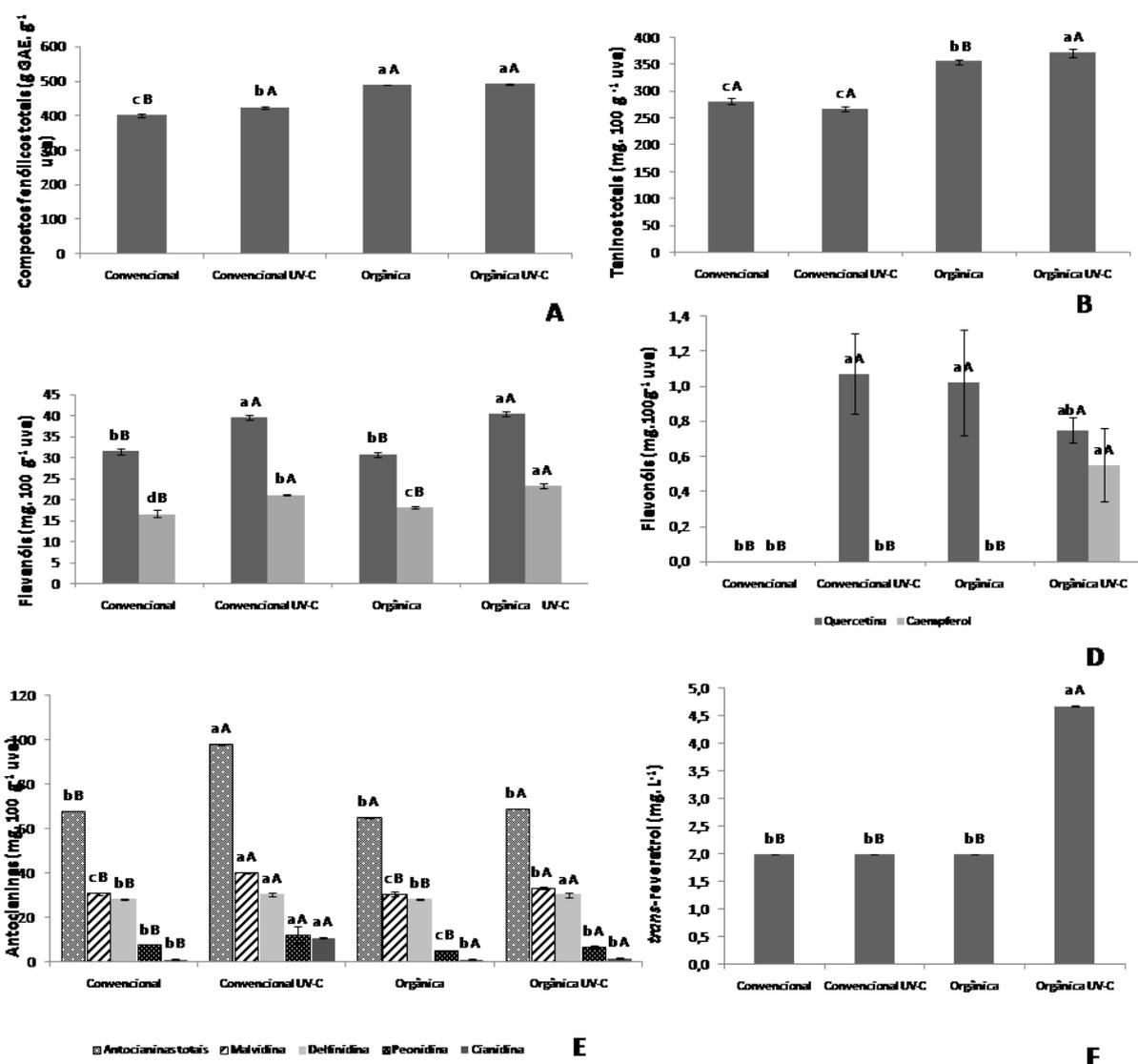


Figura 1. Teores de compostos fenólicos totais (A), taninos totais (B), flavanóis (C), flavonóis (D), antocianinas totais e individuais (E) e *trans*-resveratrol (F) de uvas *Vitis labrusca* cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico.

*Nas barras estão representados os valores médios (n=3) e o desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula nas barras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre as uvas em cada sistema de produção.

Uvas provenientes do sistema de produção orgânico apresentaram maior atividade antioxidante do que as colhidas no sistema convencional, independentemente dos métodos (DPPH ou FRAP) utilizados para avaliá-la. Além disso, uvas colhidas de vinhedo com produção convencional e orgânico, quando submetidas à radiação UV-C, apresentaram atividade antioxidante significativamente maior do que as uvas não tratadas com essa radiação. É importante destacar que a determinação da atividade antioxidante pela captura do radical livre DPPH expressa em EC_{50} indica a quantidade de amostra necessária para reduzir 50% da concentração inicial de DPPH. Portanto, quanto menor o valor do EC_{50} , maior é a atividade antioxidante, pois uma menor quantidade de amostra é necessária para reagir com o radical livre (Tabela 5).

Tabela 5. Atividade antioxidante de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis | Tratamentos | | | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | Uvas* | | | |
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânica | Orgânica UV-C |
| EC_{50}** (g uva.g ⁻¹ DPPH) | 8037,02 ± 124,90 a A | 6657,16 ± 144,79 b B | 6224,59 ± 17,63 c A | 5469,58 ± 31,16 d B |
| TEAC*** (μM Trolox. g ⁻¹ uva) | 7,25 ± 0,14 d B | 8,61 ± 0,09 c A | 9,10 ± 0,05 b B | 10,60 ± 0,05 a A |
| FRAP**** (μM Trolox.g ⁻¹ uva) | 46,02 ± 1,78 d B | 49,88 ± 0,56 c A | 57,74 ± 3,75 b B | 84,65 ± 3,16 a A |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre as uvas em cada sistema de produção.

** EC_{50} : quantidade de amostra necessária para reduzir 50% à concentração inicial de DPPH.

***TEAC: atividade antioxidante equivalente ao Trolox.

**** FRAP: atividade antioxidante pelo método de redução do ferro

Houve correlação linear positiva muito forte ($r=0,9876$) da atividade antioxidante e o teor de antocianinas totais nas uvas provenientes de sistema de produção convencional. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9401$) com a atividade antioxidante. Não

houve correlação dos teores de caempferol e *trans*-resveratrol com a atividade antioxidante.

Nas uvas provenientes de sistema de produção convencional com tratamento UV-C, houve correlação linear positiva muito forte ($r=0,9840$) do teor de delphinidina com a atividade antioxidante. Ao contrário do teor de peonidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9950$) com a atividade antioxidante. Não houve correlação do teor de *trans*-resveratrol com a atividade antioxidante.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico, houve correlação linear positiva muito forte ($r=0,9992$) do teor de taninos totais com a atividade antioxidante. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9965$) com a atividade antioxidante. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e de *trans*-resveratrol com a atividade antioxidante.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico com tratamento UV-C, houve correlação linear positiva muito forte ($r=0,7847$) do teor de taninos totais com a atividade antioxidante. Ao contrário do teor de antocianinas totais que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9662$) com a atividade antioxidante (Tabela 6).

Tabela 6. Correlação entre os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante expressa em EC₅₀ de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| Compostos fenólicos totais | 0,1308 | 0,0379 | -0,2107 | -0,9048 |
| Antocianinas totais | 0,9876 | 0,0211 | * | -0,9662 |
| Malvidina | -0,3942 | -0,7292 | 0,9722 | 0,2643 |
| Delfinidina | 0,6503 | 0,9840 | 0,8526 | 0,2178 |
| Cianidina | -0,6631 | 0,8724 | 0,8857 | 0,7448 |
| Peonidina | 0,1651 | -0,9950 | -0,3023 | 0,3196 |
| Taninos totais | 0,5666 | 0,9508 | 0,9992 | 0,7847 |
| Flavanóis | | | | |
| Catequina | 0,0181 | 0,2287 | 0,9094 | -0,5418 |
| Epicatequina | 0,8955 | 0,7406 | -0,5764 | -0,6016 |
| Flavonóis | | | | |
| Quercetina | -0,9401 | -0,9886 | -0,9965 | 0,2598 |
| Caempferol | * | -0,0211 | * | 0,3364 |
| Estilbeno | | | | |
| <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,2598 |

* Não houve correlação.

3.2 Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C no acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese dos compostos fenólicos em uvas cv. Concord

Uvas de sistema de produção convencional apresentaram maior expressão transcricional dos genes que codificam enzimas da via de biossíntese dos compostos fenólicos, como a fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), antocianidina sintase (ANS) e estilbeno sintase (STS), em relação às uvas de sistema de produção orgânico. A aplicação da radiação UV-C proporcionou maior acúmulo de todos os transcritos de genes da via de biossíntese dos compostos fenólicos estudados, para as uvas de ambos os sistemas de produção. Em uvas de

sistema de produção convencional tratadas com UV-C, houve maior estímulo da expressão transcricional dos genes que codificam as enzimas PAL, CHS, ANS e STS. Ainda nesse contexto, destacou-se a ANS, que apresentou maior nível de acúmulo de transcritos. Já, em uvas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C observou-se maior acúmulo do gene codificante para a enzima F3H (Figura 2).

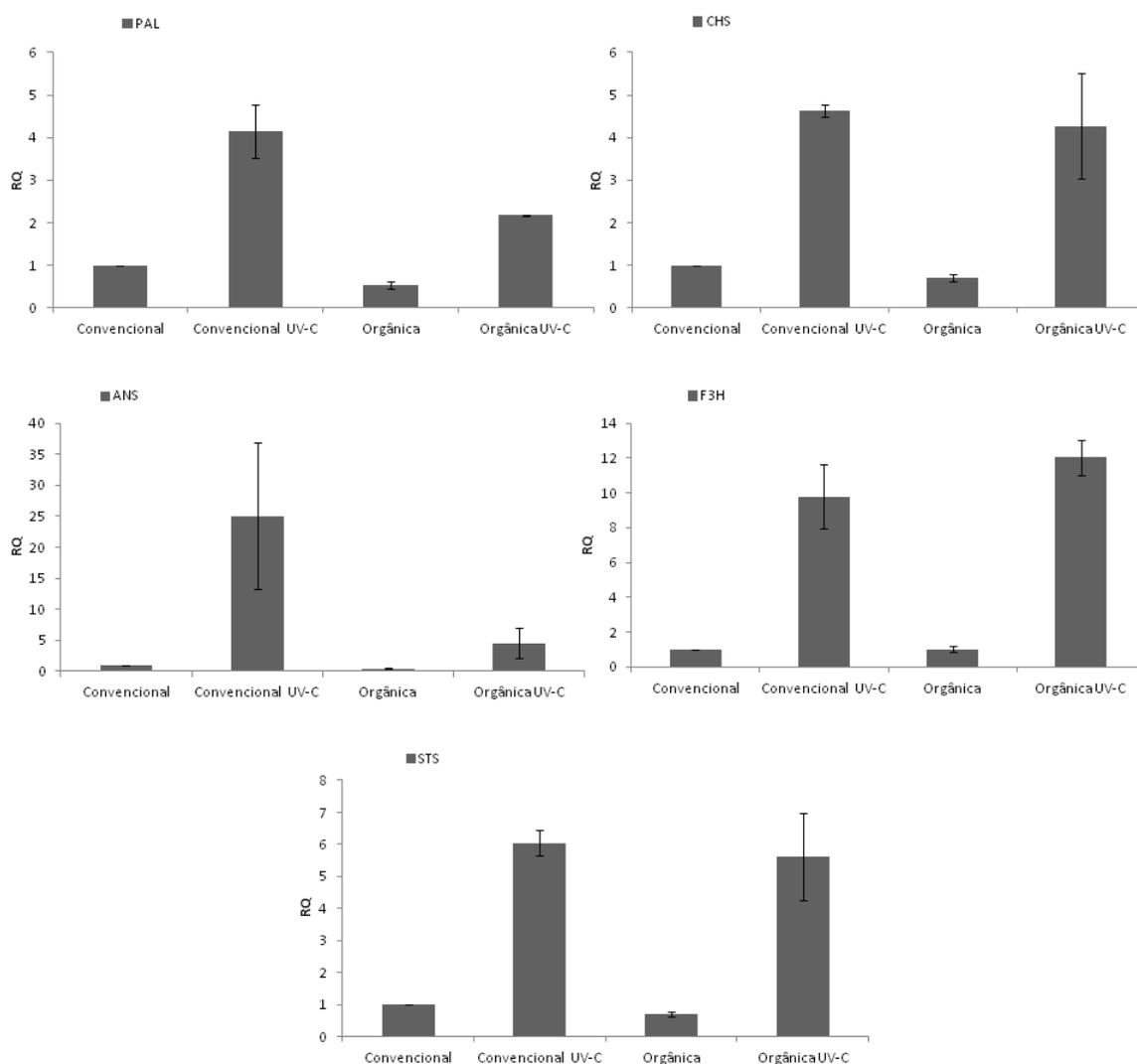


Figura 2. Quantificação relativa (RQ) do acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese de compostos fenólicos: fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), antocianidina sintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) e estilbeno sintase (STS) em de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico.

*Nas barras estão representados os valores médios (n=3) da quantificação relativa e o desvio padrão.

Nesse contexto, pode-se verificar que quando é aplicada a radiação UV-C, ocorre o aumento nos teores de compostos do metabolismo secundário que está relacionado ao aumento de transcritos de genes da via de biossíntese de compostos fenólicos (Figura 3).

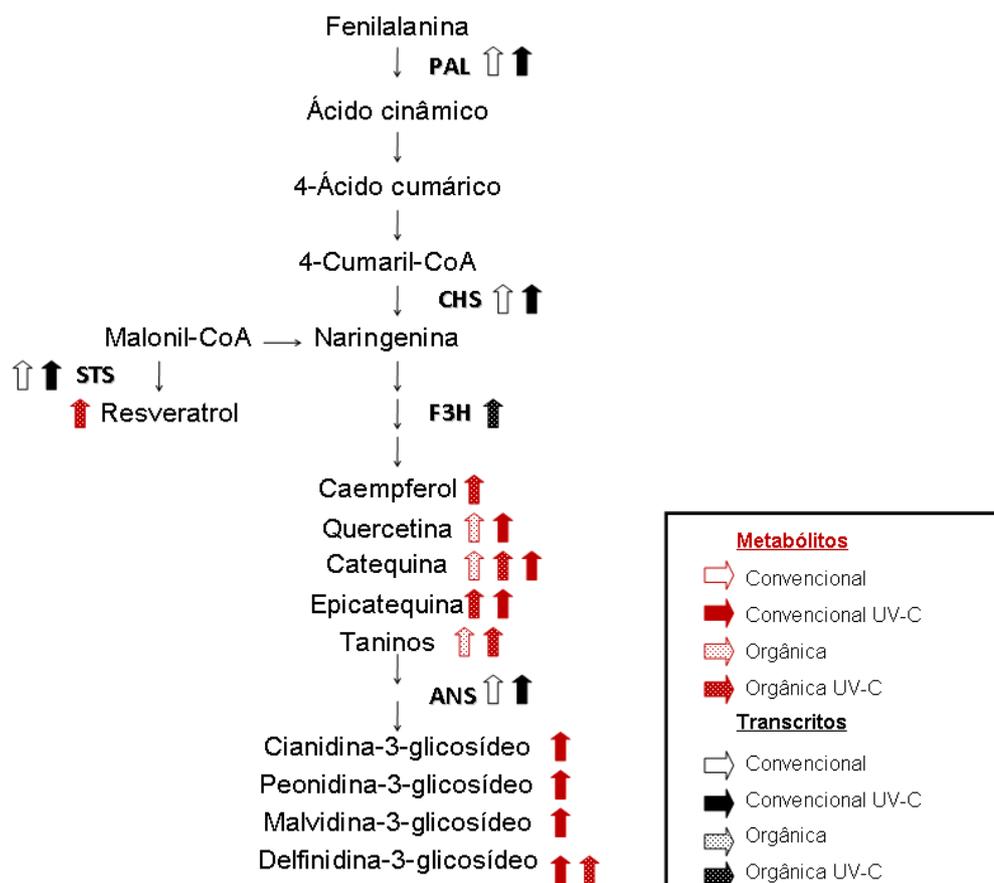


Figura 3. Via de biossíntese de compostos fenólicos. As setas pretas e cinzas indicam o aumento do teor dos metabolitos em função dos tratamentos em que as uvas foram submetidas (uva de sistema de produção convencional, uva de sistema de produção convencional com aplicação de UV-C, uva sistema de produção orgânico e uva de sistema de produção orgânico com aplicação de UV-C). Já as setas vermelhas representam o acúmulo de transcritos de genes dessa via de biossíntese (fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), antocianidina sintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) e estilbeno sintase (STS) em função dos tratamentos.

Não houve correlação entre os transcritos de genes codificantes para todas as enzimas e os teores de compostos bioativos avaliados nas uvas provenientes de sistema de produção convencional.

Nas uvas provenientes de sistema de produção convencional tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9783$) com o teor de malvidina. Ao contrário do teor de cianidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9994$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL. Não houve correlação do teor de *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas provenientes de sistema de produção orgânico, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL apresentou correlação linear moderada ($r=0,6905$) com o teor de delphinidina. Ao contrário do teor de compostos fenólicos totais que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-1,0000$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas provenientes de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9406$) com o teor de compostos fenólicos totais. Ao contrário do teor de cianidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9984$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima (Tabela 7).

Nas uvas provenientes de sistema de produção convencional tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima CHS apresentou correlação linear positiva forte ($r=0,7766$) com o teor de delphinidina. Ao contrário do teor de peonidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9200$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima CHS. Não houve correlação do teor de *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima CHS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9681$) com o teor de cianidina. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa moderada ($r=-0,6824$) com o

acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima PAL. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima CHS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9406$) com o teor de compostos fenólicos totais. Ao contrário do teor de cianidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9984$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima (Tabela 8).

Nas uvas de sistema de produção convencional tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima ANS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9783$) com o teor de malvidina. Ao contrário do teor de cianidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9994$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima ANS. Não houve correlação do teor de *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima ANS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9681$) com o teor de cianidina. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa moderada ($r=-0,6824$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima ANS. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima ANS apresentou correlação linear positiva forte ($r=0,7801$) com o teor de malvidina. Ao contrário do teor de antocianinas totais que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-1,0000$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima (Tabela 9).

Nas uvas oriundas de sistema de produção convencional tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima F3H apresentou correlação linear positiva forte ($r=0,7766$) com o teor de delphinidina. Ao contrário do teor de peonidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9200$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima F3H. Não houve

correlação do teor de *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima F3H apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9681$) com o teor de cianidina. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa moderada ($r=-0,6824$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima F3H. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima F3H apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9180$) com o teor de taninos totais. Ao contrário do teor de antocianinas totais que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-1,0000$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima (Tabela 10).

Nas uvas oriundas de sistema de produção convencional tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS apresentou correlação linear positiva forte ($r=0,7766$) com o teor de delphinidina. Ao contrário do teor de peonidina que apresentou correlação linear negativa muito forte ($r=-0,9200$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS. Não houve correlação do teor de *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9681$) com o teor de cianidina. Ao contrário do teor de quercetina que apresentou correlação linear negativa moderada ($r=-0,6875$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS. Não houve correlação do teor de antocianinas totais, caempferol e *trans*-resveratrol com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para esta enzima.

Nas uvas oriundas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C, o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS apresentou correlação linear positiva muito forte ($r=0,9406$) com o teor de compostos fenólicos totais. Ao contrário do teor de cianidina que apresentou correlação linear negativa

muito forte ($r=-0,9984$) com o acúmulo de transcritos de genes codificantes para a enzima STS (Tabela 11).

Tabela 7. Correlação entre o transcrito de gene fenilalanina amônia liase (PAL) e os teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Transcrito | Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| PAL | Compostos fenólicos totais | * | - 0,5501 | - 1,000 | 0,9406 |
| | Antocianinas totais | * | 0,5000 | * | 0,5000 |
| | Malvidina | * | 0,9783 | - 0,0240 | - 0,9319 |
| | Delfinidina | * | - 0,9339 | 0,6905 | - 0,8447 |
| | Cianidina | * | - 0,9994 | - 0,2672 | - 0,9984 |
| | Peonidina | * | 0,7994 | - 0,9955 | 0,4449 |
| | Taninos totais | * | - 0,9737 | 0,2487 | - 0,1156 |
| | Flavanóis | | | | |
| | Catequina | * | - 0,7000 | 0,5981 | - 0,2122 |
| | Epicatequina | * | - 0,9816 | - 0,9203 | - 0,1404 |
| | Flavonóis | | | | |
| | Quercetina | * | - 0,2919 | - 0,2919 | 0,5000 |
| | Caempferol | * | - 0,5000 | * | - 0,9042 |
| | Estilbeno | | | | |
| | <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,5000 |

* Não houve correlação.

Tabela 8. Correlação entre o transcrito de gene chalcona sintase (CHS) e os teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Transcrito | Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| CHS | Compostos fenólicos totais | * | - 0,4481 | 0,5000 | 0,9406 |
| | Antocianinas totais | * | 0,5000 | * | 0,5000 |
| | Malvidina | * | - 0,3095 | 0,8778 | - 0,9319 |
| | Delfinidina | * | 0,7766 | 0,2812 | - 0,8447 |
| | Cianidina | * | 0,5291 | 0,9681 | -0,9984 |
| | Peonidina | * | - 0,9200 | 0,4157 | 0,4449 |
| | Taninos totais | * | 0,6840 | 0,7145 | - 0,1156 |
| | Flavanóis | | | | |
| | Catequina | * | - 0,2685 | 0,3950 | - 0,2122 |
| | Epicatequina | * | 0,3255 | 0,1212 | - 0,1404 |
| | Flavonóis | | | | |
| | Quercetina | * | - 0,6824 | - 0,6824 | 0,5000 |
| | Caempferol | * | 0,6840 | * | - 0,9042 |
| | Estilbeno | | | | |
| | <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,5000 |

* Não houve correlação.

Tabela 9. Correlação entre o transcrito de gene antocianidina sintase (ANS) e os teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Transcrito | Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| ANS | Compostos fenólicos totais | * | - 0,5501 | 0,5000 | - 0,7644 |
| | Antocianinas totais | * | 0,5000 | * | - 1,0000 |
| | Malvidina | * | 0,9783 | 0,8778 | 0,7801 |
| | Delfinidina | * | - 0,9339 | 0,2812 | - 0,0412 |
| | Cianidina | * | - 0,9994 | 0,9681 | 0,5475 |
| | Peonidina | * | 0,7994 | 0,4157 | 0,5531 |
| | Taninos totais | * | - 0,9737 | 0,7145 | 0,9180 |
| | Flavanóis | | | | |
| | Catequina | * | - 0,7000 | 0,3950 | - 0,7402 |
| | Epicatequina | * | - 0,9816 | 0,1212 | - 0,7872 |
| | Flavonóis | | | | |
| | Quercetina | * | - 0,2919 | - 0,6824 | 0,5000 |
| | Caempferol | * | - 0,5000 | * | 0,0822 |
| | Estilbeno | | | | |
| | <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,5000 |

* Não houve correlação.

Tabela 10. Correlação entre o transcrito de gene flavonona 3-hidroxilase (F3H) e os teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Transcrito | Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| F3H | Compostos fenólicos totais | * | - 0,4481 | 0,5000 | - 0,7644 |
| | Antocianinas totais | * | 0,5000 | * | - 1,0000 |
| | Malvidina | * | - 0,3095 | 0,8778 | 0,7801 |
| | Delfinidina | * | 0,7766 | 0,2812 | - 0,0412 |
| | Cianidina | * | 0,5291 | 0,9681 | 0,5475 |
| | Peonidina | * | - 0,9200 | 0,4157 | 0,5531 |
| | Taninos totais | * | 0,6840 | 0,7145 | 0,9180 |
| | Flavanóis | | | | |
| | Catequina | * | - 0,2685 | 0,3950 | - 0,7402 |
| | Epicatequina | * | 0,3255 | 0,1212 | - 0,7872 |
| | Flavonóis | | | | |
| | Quercetina | * | - 0,6824 | -0,6824 | 0,5000 |
| | Caempferol | * | - 0,5000 | * | 0,0822 |
| | Estilbeno | | | | |
| | <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,5000 |

* Não houve correlação.

Tabela 11. Correlação entre o transcrito de gene estilbeno sintase (STS) e os teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Transcrito | Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| | | Uva convencional | Uva convencional UV-C | Uva orgânica | Uva orgânica UV-C |
| STS | Compostos fenólicos totais | * | - 0,4481 | 0,5000 | 0,9406 |
| | Antocianinas totais | * | 0,5000 | * | 0,5000 |
| | Malvidina | * | - 0,3095 | 0,8778 | - 0,9319 |
| | Delfinidina | * | 0,7766 | 0,2812 | - 0,8447 |
| | Cianidina | * | 0,5291 | 0,9681 | - 0,9984 |
| | Peonidina | * | - 0,9200 | 0,4157 | 0,4449 |
| | Taninos totais | * | - 0,6824 | 0,7145 | - 0,1156 |
| | Flavanóis | | | | |
| | Catequina | * | - 0,2685 | 0,3950 | - 0,2122 |
| | Epicatequina | * | 0,3255 | 0,1212 | - 0,1404 |
| | Flavonóis | | | | |
| | Quercetina | * | - 0,6824 | - 0,6875 | 0,5000 |
| | Caempferol | * | - 0,5000 | * | - 0,9042 |
| | Estilbeno | | | | |
| | <i>trans</i> -resveratrol | * | * | * | 0,5000 |

* Não houve correlação.

4. Discussão dos resultados

É vasta a literatura que aponta vantagens qualitativas de frutos e hortaliças produzidos em sistema orgânico (ROMBALDI et al., 2004; DANI et al., 2007; CORRALES et al. 2010; FREITAS et al.; 2010; JIN et al. 2011; CRECENTE-CAMPO et al., 2012; VALLVERDÚ-QUERALT et al., 2012; JANZANTTI et al., 2012; LÓPEZ et al., 2013; ORNELAS-PAZ et al., 2013). Porém, não há consenso técnico-científico quanto a esses benefícios (MAGKOS; ARVANITI; ZAMPELAS, 2013). Os trabalhos que demonstram ou apontam para benefícios, além da ausência de resíduos de agrotóxicos, há citação de maiores concentrações de compostos do metabolismo

primário e secundário, além dos benefícios ambientais. Ao se compararem uvas, da mesma cultivar (Concord), de vinhedos da mesma idade (10 anos), de mesma região geográfica (altitude de 485m, latitude de 25 ° 52 ' 43 " S e longitude de 52 ° 54 ' 28 " W) e condições climáticas similares, observou-se que, das variáveis clássicas de avaliação de uva (pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais), apenas o teor de sólidos solúveis totais foi afetado pelo sistema de produção. Embora a causa exata dessa diferença não tenha sido estudada, acredita-se que possa ser decorrente do manejo do solo realizado ao longo de 10 anos, conferindo maior teor de matéria orgânica e de macro e micronutrientes (Tabela 1), além do manejo fitotécnico, com poda verde mais adequada, gerando melhor equilíbrio fonte/dreno, resultando em uva com maior teor de compostos solúveis em água.

À semelhança do que ocorreu com o sistema de produção, o tratamento UV-C após a colheita das uvas também não afetou as características físico-químicas clássicas das uvas analisadas. Isso já era esperado tendo em vista que Cia et al. (2009) observaram que não há mudanças na acidez total e nem no teor de sólidos solúveis totais de uvas submetidas ao tratamento pós-colheita UV-C. Porém, seria possível obterem-se diferenças, pois a radiação UV-C pode induzir a atividade metabólica, resultando em diferenças das concentrações de fontes de reserva, como é o caso de ácidos e açúcares (BONOMELLI et al., 2004). No entanto, para uva Concord, reproduziu-se o comportamento de Cia et al. (2009).

Como já relatado, vários fatores podem alterar o metabolismo especializado ou secundário das plantas, como o sistema de produção utilizado no cultivo da videira (MAMEDE; PASTORE, 2004; MALUSA et al., 2004; ROMBALDI et al.; 2004; VIAN et al., 2006; CORRALES et al., 2010, FREITAS, 2010) ou tratamentos pós-colheita, como a radiação UV-C (CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2001; CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2002; ERKAN; WANG; WANG, 2008; GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009; GUERRERO et al., 2010; TIECHER et al., 2013). Por isso, estudaram-se compostos do metabolismo secundário da uva.

O sistema de produção interferiu no teor de compostos fenólicos totais das uvas, assim como é citado por alguns autores que relataram que há aumento no teor desses compostos, em função da planta necessitar desenvolver seu próprio mecanismo de defesa (GRINDER-PEDERSEN et al., 2003; FREITAS et al., 2010). Nas uvas de sistema convencional, o teor de compostos fenólicos totais foi afetado pelo tratamento UV-C. Já nas uvas de sistema de produção orgânico não ocorreram

alterações dos teores destes componentes. A causa exata dessa resposta não foi demonstrada. No entanto, é possível que no sistema de produção orgânico, durante o período de desenvolvimento e maturação, com as seguidas condições de ataques de insetos e micro-organismos e fatores climáticos em consonância com as práticas de cultivo, a planta mantém o próprio sistema de defesa. Conseqüentemente, estas condições poderiam resultar numa menor suscetibilidade a estresses pós-colheita, como o UV-C.

Assim, evidencia-se que há diferença de resultados, ou seja, em alguns casos há maior acúmulo de compostos fenólicos em produtos oriundos do sistema orgânico (GRINDER-PEDERSEN et al., 2003; DANI et al., 2007; FREITAS et al., 2010; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010) e não em outros (VALAVANIDIS et al., 2009; ROUSSOS, 2011; CRECENTE-CAMPO et al., 2012). Essas diferenças também ocorrem em outras espécies não frutíferas como é o caso do brócolis (COGO et al., 2011), da couve-flor (PICCHI et al., 2012) e da soja (BALISTEIRO et al., 2013).

Diante do exposto, é importante que, para cada caso (espécie, variedade e condição de produção) essas variáveis sejam analisadas e monitoradas, pois as respostas biológicas são variáveis e dificultam a formulação de uma regra válida para todas as condições. De fato, o que é amplamente conhecido e validado é a relação direta que existe entre a aplicação de estresses bióticos e abióticos moderados e a indução da síntese de compostos fenólicos (SAUTTER, 2008). Entretanto, ao se viabilizar e implantar o sistema de produção orgânico pode não necessariamente se está expondo a planta a maiores estresses. Pelo contrário, é possível que se esteja em busca de um melhor equilíbrio solo x planta x água x nutriente x luz x micro e microbiota, resultando em menor expressão do metabolismo secundário (MAGKOS; ARVANITI; ZAMPELAS, 2006; BALISTEIRO et al., 2013).

O teor de antocianinas totais, que fazem parte dos compostos fenólicos totais, também não foi afetado pelo sistema de produção. No que tange às moléculas componentes dessa fração, foram detectadas as seguintes antocianinas, em ordem decrescente de concentração: malvidina > delfinidina > peonidina > cianidina. No entanto, foi observado um comportamento diferenciado quando foi aplicado o tratamento UV-C após a colheita. Nas uvas de produção orgânica o teor de antocianinas totais não foi afetado pela radiação UV-C. Similarmente, não houve

mudança significativa nos teores de antocianinas totais de sucos de uva tratados com radiação ultravioleta tipo C (PALA; TOKLUCU, 2013). Já nas uvas de produção convencional, a aplicação de UV-C aumentou o teor de antocianinas totais, o que pode ser verificado avaliando as antocianinas individualmente, onde o aumento proporcionado pela radiação foi de 38% nas uvas de sistema convencional. Sautter (2003), ao avaliar sucos produzidos com uvas de sistema de produção convencional submetidas a diferentes doses de UV-C, também verificou um aumento de antocianinas. Isso pode ser explicado pela ação do UV-C estimulando a biossíntese de flavonóis e aumentando também a concentração de antocianinas (ROCHA; GUERRA, 2008). Assim, acredita-se que na uva cv. Concord pode ter ocorrido uma maior síntese de antocianinas em detrimento de outros compostos fenólicos. Sautter (2003) sugere que o incremento do teor de antocianinas pode ocorrer por uma indução da enzima chalcona sintase, que catalisa a síntese de chalcona que é um precursor deste flavonóide. Essa maior indução da enzima chalcona sintase e da antocianidina sintase, que é responsável pela síntese das antocianidinas, precursoras das antocianinas, foi observada na análise de qPCR. No entanto, uma resposta fisiológica não foi obtida com uvas provenientes do sistema de produção orgânica, o que pode ser verificado pela menor expressão dos genes codificantes para estas enzimas, especialmente com a ANS.

Se por um lado, o acúmulo de antocianinas só foi estimulado em uvas da produção convencional submetidas ao tratamento com UV-C, o teor de *trans*-resveratrol e taninos totais só foi aumentado em uvas de produção orgânica. Ao avaliar o acúmulo de transcritos do gene codificante para enzima estilbeno sintase, verificou-se que após a aplicação da radiação UV-C, houve diferença entre as uvas dos dois sistemas de produção, sendo superior nas uvas de sistema de produção convencional. Essas diferenças indicam que a radiação UV-C gera maior acúmulo de metabólitos secundários distintos em função da condição de produção da uva: maior teor de antocianinas em uvas de produção convencional e maior teor de resveratrol e taninos em uvas da produção orgânica. O resveratrol é um metabólito que é sintetizado e acumulado como mecanismo de defesa de algumas espécies, normalmente frente a estresses bióticos ou abióticos como injúrias, ataque de fungos e/ou radiação ultravioleta (CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2001; GONZÁLES-BARRIO et al. 2009; GUERRERO et al., 2010; FERNÁNDEZ-MAR et al., 2012). A aplicação de UV-C nas uvas de sistema orgânico proporcionou um

aumento no teor de resveratrol. Vários autores também demonstraram que a radiação UV-C induz a produção desse estilbeno em uvas (CANTOS et al., 2000; CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2001; VERSARI et al., 2001; MORIARTRY et al., 2001; CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2002; GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2005; GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2006; GUERRERO et al., 2010). Porém, isso não ocorreu em uvas de sistema de produção convencional. A causa dessa diferença não foi esclarecida.

A radiação UV-C influenciou nos teores de catequina e epicatequina das uvas de sistema convencional e orgânico, havendo um incremento dos valores após o tratamento com radiação, corroborando com Rocha e Guerra (2008), que relatam que a luz ultravioleta estimula a biossíntese de flavanóis. No que tange à quercetina e ao caempferol, foram detectados teores muito baixos desses flavonóis. Anastatiadi et al. (2010), ao avaliarem uvas, vinhos e outros produtos da vinificação, relataram que não foi possível quantificar quercetina e caempferol nesses produtos, devido as baixas concentrações. Embora não se tenha verificado modificações no teor destes flavonóis após aplicação do UV-C nas análises físico-químicas, foi observado um maior acúmulo de genes codificantes para a enzima flavonona 3-hidrosilase, que é precursora da síntese destes flavonóis, após o tratamento pós-colheita. Como esta enzima também é precursora de outro flavonol, a miricetina, esse comportamento pode ter relação com este composto, já que este não foi avaliado neste estudo.

O sistema de produção influenciou na atividade antioxidante das uvas. Assim como foi detectado nesse estudo, Mulero et al. (2010) também observaram maior atividade antioxidante em uvas de sistema de produção orgânico em relação àquelas colhidas em vinhedos de sistema convencional. Da mesma forma, uvas tratadas com UV-C apresentaram um aumento da atividade antioxidante. Resultado similar foi obtido por Alothman, Bhat e karim (2009) ao estudarem o efeito da radiação UV-C sobre a atividade antioxidante de frutas tropicais recém-colhidas. Estes autores relataram que esse aumento pode ser devido à acumulação de compostos fenólicos induzidos pela exposição ao UV-C. Mas isso não ocorreu em uvas, cv. Concord, de sistema de produção orgânico nas quais não houve diferença significativa nos teores de compostos fenólicos totais. Neste estudo, houve correlação linear positiva muito forte dos teores de: antocianinas totais, nas uvas de sistema de produção convencional ($r=0,9876$); delphinidina, nas uvas de sistema de produção convencional tratadas com UV-C ($r=0,9840$) e de taninos totais, nas uvas

de sistema de produção orgânico ($r=0,9992$), fato esse que pode ter contribuído para o incremento dessa atividade antioxidante.

Como se pode observar, a aplicação do tratamento pós-colheita UV-C proporcionou maior acúmulo de transcritos de genes codificantes para as enzimas fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS), antocianidina sintase (ANS), flavonona 3-hidroxilase (F3H) e estilbeno sintase (STS). Este comportamento também foi evidenciado por Zang et al. (2012), os quais relatam duas perspectivas sobre o mecanismo de acumulação de compostos fenólicos induzidos pela radiação ultravioleta (UV). Uma delas é que os genes estruturais que codificam para PAL e CHS, enzimas da via dos fenilpropanóides e flavonóides, respondem à radiação UV (SCHULZE-LEFERT et al., 1989; HARTMANN et al., 1998), e o outro é de que os fatores de transcrição que regulam a expressão de uma série de genes estruturais que envolvem a biossíntese dos compostos fenólicos respondem à radiação UV (FELDBRUGGE et al., 1994; TAKOS et al., 2006). Além disso, segundo Pan; Wang; Li (2009) a radiação UV pode estimular a síntese da enzima STS, responsável pela síntese de estilbenos, em nível de proteína, o que corresponde a relatos anteriores que mostram que o RNA mensageiro desta enzima é intensivamente induzido pela radiação UV (DOUILLET-BREUIL et al., 1999; VERSARI et al., 2001).

5. Conclusão

O tratamento pós-colheita UV-C promove a indução de compostos bioativos em uvas, cv. Concord, principalmente antocianinas, resveratrol, flavanóis e taninos, e o aumento da atividade antioxidante, mas essas alterações dependem do sistema de produção da uva.

Além disso, quando se aplica a radiação UV-C ocorre o aumento nos teores de compostos do metabolismo secundário, estando correlacionado ao aumento de transcritos de genes da via de biossíntese de fenilpropanóides.

6. Agradecimentos

À UTFPR, Fundação Araucária, CNPq e à Fapergs pelo aporte financeiro.

7. Referências

ABE, L. T.; MOTA, R. V. DA ; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca L.* e *Vitis vinifera L.* **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.

ANASTASIADI, M.; PRATSINIS, H.; KLETSAS, D.; SKALTSOUNIS, A.; HAROUTOUNIAN, S. A. Bioactive non-coloured polyphenols content of grapes, wines and vinification by-products: Evaluation of the antioxidant activities of their extracts. **Food Research International**, v. 43, p. 805-813, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n. 1, p.01-09, 2007.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p.512–516, 2009.

A.O.A.C. (2000). Official Methods of analysis. 14thed. **Association of Official Analytical Chemists**. Washington, D.C., USA.

BALISTEIRO, D.M.; ROMBALDI, C.V.; GENOVESE, M.I. Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: comparison among conventionally and organically grown soybeans. **Food Research International**, v.51, p. 8-14, 2013.

BERTAGNOLLI, S. M. M.; ROSSATO, S. B.; SILVA, V. L.; CERVO, T.; SAUTTER, C. K.; HECKTHEUER, L. H.; PENNA, N. G. Influência da maceração carbônica e da irradiação ultravioleta nos níveis de trans-resveratrol em vinhos de uva *cabernet sauvignon*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n.1, p. 71-74, 2007.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potencial applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p.637-645, 2000.

BONOMELLI, A.; MERCIER, L.; FRANCHEL, J.; BAILLIEUL, F.; BENIZRI, E.; MAURO, M. C. Response of grapevine defenses to UV-C exposure. **American Journal of Oenology and Viticulture**, v.55, p.51-59, 2004.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, n. 1, p.25-30, 1995.

CAMARGO, U. A. Espécies e cultivares. In: KUHN, G. B. **Uvas para processamento: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 34-44, 2003 (Frutas do Brasil, 34).

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. Cultivares de videira. In: SILVEIRA, S. V.; MONTEIRO, R. **Implantação e manejo de vinhedos de base ecológica**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 31-44, 2011 (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 75).

CANTOS, E.; GARCIA-VIGUERA, C.; PASCUAL-TERESA, S.; TOMAS-BARBERAN, F.A. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4606-4612, 2000.

CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: a new “functional” fruit? **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 5052-5058, 2001.

CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Postharvest stilbene-enrichment of red and White table grape varieties using UV-C irradiation pulses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.22, p.6322-6329, 2002.

ÇETIN, E, S, C.; ALTINOZ, D.; TARC, E.; BAYDAR, N. G. Chemical composition of grape canes. **Industrial Crops and Products**, v.34, p.994-998, 2011.

CIA, P.; BENATO, E. A.; VALENTINI, S. R. T.; ANJOS, V. D. A.; PONZO, F. S.; SANCHES, J.; TERRA, M. M. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'niagara rosada'. **Bragantia**, v. 68, n.4, p. 1010-1015, 2009.

COGO, S.L.P.; CHAVES, F. C.; SCHIRMER, M.A.; ZAMBIAZI, R. C.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C.V. Low soil water content during growth contributes to preservation of green colour and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brassica oleraceae* L.) florets. **Biology and Technology**, v.60, p.158–163, 2011.

CORRALES, M.; FERNANDEZ, A.; PINTO, M. G. V.; BUTZ, P.; FRANZ, C. M. A. P.; SCHUELE, E.; TUASCHER, B. Characterization of phenolic content, in vitro biological activity, and pesticide loads of extracts from White grape skins from organic and conventional cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, p. 3471-3476, 2010.

CRECENTE-CAMPO, J.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M.A.; VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M.L. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 23–30, 2012.

DANI, C. **Avaliação nutricional, antioxidante, mutagênica e antimutagênica de sucos de uva orgânicos e convencionais**. 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

DANI, C.; OLIBONI, L.S.; VANDERLINDE, R.; BONATTO, D.; SALVADOR, M.; HENRIQUES, J. A.P. Phenolic content and antioxidant activities of White and purple juices manufactured with organically- or conventionally- produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, v.45, p.2574-2580, 2007.

DOUILLET-BREUIL, A.; JEANDET, P.; ADRIAN, M.; BESSIS, R. Changes in the phytoalexin content of various *Vitis* spp. in response to ultraviolet C elicitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.4456-4461, 1999.

ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.48, p. 163-171, 2008.

FELDBRUGGE, M.; SPRENGER, M.; DINKELBACH, M.; YAZAKI, K.; HARTER, K.; WEISSHAAR, B. Functional analysis of a light-responsive plant bZIP transcriptional regulator. **Plant Cell**, v. 6, p.1607-1621, 1994.

FERNANDES, C. F.; VIEIRA JÚNIOR; J. R.; SILVA, S. S. G.; REIS, N. D.; ANTUNES JÚNIOR, H. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Porto Velho, Embrapa Rondônia, 2009, 14p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 133).

FERNÁNDEZ-MAR; M. I.; MATEOS, R.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; PUERTAS, B.; CANTOS-VILLAR, E. Bioactive compounds in wine: resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: a review. **Food Chemistry**, v.130, p. 797-813, 2012.

FREITAS, A. A.; DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, C. C. Determinação de resveratrol e características químicas em sucos de uvas produzidas em sistemas orgânico e convencional. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.001-005, 2010.

FULEKI, T.; RICARDO-DA-SILVA, J. M. Effects of cultivar and processing method on the contents of catechins and procyanidins in grape juice. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 51, p. 640-646, 2003.

GIOVANINNI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. Bento Gonçalves: IFRS, 2009, 344p.

GUERRA, C. C. Colheita e destino da produção. In: KUHN, G. B. **Uvas para processamento: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 123-125, 2003 (Frutas do Brasil, 34).

GRINDER- PEDERSEN, L.; RASMUSSEN, S.E.; BUGEL, S.; JORGENSEN, L.V.; DRAGSTED, L.O.; GUNDERSEN, V.; SANDSTRÖM, B. Effect of diets based on

foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 5671-5676, 2003.

GRIS, E. F.; FERREIRA, E. A. ; MATTIVITI, F.; VRHOVSEK, U.; PEDROSA, R. C.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Resveratrol as target compounds in the evaluation of antioxidant activity of southern brazilian red wines. **Journal of Viticulture and Enology**, v.28, p.883-887, 2013.

GONZÁLEZ-BARRIO, R.; SALMENKALLIO-MARTTILA, M.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; CANTOS, E.; ESPÍN, J.C. Etiology of UV-C-induced browning in var. Superior white table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 5990–5996, 2005.

GONZÁLEZ-BARRIO, R.; BELTRÁN, D.; CANTOS, E.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Comparison of ozone and UV-C treatments on the postharvest stilbenoid monomer, dimer, and trimer induction in var. ‘Superior’ white table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p. 4222-4228, 2006.

GONZÁLES-BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p. 374-382, 2009.

GUERRERO, R. F.; PUERTAS, B.; FERNÁNDEZ, M. I.; PALMA, M.; CANTOS-VIOLLAR, E. Induction of stilbenes in grapes by UV-C: comparison of different subspecies of *Vitis*. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p. 231-238, 2010.

HARTMANN, U.; VALENTINE, W.J.; CHRISTIE, J.M.; HAYS, J.; JENKINS, G.I.; WEISSHAAR, B. Identification of UV/blue light-response elements in the *Arabidopsis thaliana* chalcone synthase promoter using a homologous protoplast transient expression system. **Plant Molecular Biology**, v.36, p.741-754, 1998.

JANZANTTI, N. S. ; MACORIS, M. S.; GARRUTI, D. S.; MONTEIRO, M. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, p.511-518, 2012.

JIN, P.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; ZHENG, Y. Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. **Food Chemistry**, v.124, p. 262–270, 2011.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.88, n. 5, p.1269-1278, 2005.

LÓPEZ, A.; FENOLL, J.; HELLÍN, P.; FLORES, P. Physical characteristics and mineral composition of two pepper cultivars under organic, conventional and soilless cultivation. **Scientia Horticulturae**, v.150, p.259-266, 2013.

LIVAK, K. J. L.; SCHMITTGEN, T. D. Analysis of relative gene expression data using Real-Time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta C_T}$ method. **Methods**, 25, p. 402-408, 2001.

MAGKOS, F.; ARVANITI, F.; ZAMPELAS, A. Organic Food: Buying More Safety or Just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 26, p. 23-56, 2006.

MALACRIDA; C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, v. 24, n.1, p. 59-82, 2005.

MALUSA, E.; LAURENTI, E.; GHIBAUDI, E.; ROLLE, L. Influence of organic and conventional management on yield and composition of grape cv. Grignolino. **ACTA Horticulturae**, v.640, p.135-141, 2004.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.22, n.2, p.233-252, 2004.

MORIARTY, J.M.; HARMON, R.; WESTON, L.A.; BESSIS, R.; BREUIL, A.C.; ADRIAN, M.; JEANDET, P. Resveratrol content of two Californian table grape cultivars. **Vitis**, v. 40, p. 43–44, 2001.

MULERO, J.; PARDO, F.; ZAFRILLA, P. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, p.569-574, 2010.

ORNELAS-PAZ, J. J.; YAHIA, E. M.; RAMIREZ-BUSTAMANTE, N.; PEREZ-MARTINEZ, J. D.; ESCALANTE-MINAKATA, M. P.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ACOSTA-MUNIZ, C.; GUERRERO-PRIETO, V.; OCHOA-REYES, E. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v.138, p.372-38, 2013.

PALA, C. U.; TOKLUCU, A. K. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p.719-725, 2013.

PAN, Q.; WANG, L.; LI, J. Amounts and subcellular localization of stilbene synthase in response of grape berries to UV irradiation. **Plant Science**, v.176, p. 360-366, 2009.

PICCHI, V.; MIGLIORI, C.; SCALZO, R. L.; CAMPANELLI, G.; FERRARI, V.; CESARE, L.F.D. Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. **Food Chemistry**, v.130, p.501-509, 2012.

RIBEIRO DE LIMA, M.T.; WAFFO-TEGUO, P.; TEISSEDRE, P.L.; PUJOLAS, A.; VERCAUTEREN, J.; CABANIS, J.C.; MERILLON, J.M. Determination of stilbenes (trans-astringin, cis- and trans-piceid, and cis- and trans-resveratrol) in Portuguese wines. **Journal of agricultural and food chemistry**. v. 47, n.7, p.2666-2670, 1999.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinho**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, 120p.

ROCHA, H. A.; GUERRA, N. B. Polifenóis em vinhos tintos: fatores envolvidos, propriedades funcionais e biodisponibilidade. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 9, n. 2, p. 93-105, 2008.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G. L.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades *Tannat* e *Ancelota*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.238-244, 2008.

ROMBALDI, C. V.; BERGAMASQUI, M.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M.; SILVA, J. A. Produtividade e qualidade de uva, cv. Isabel, em dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.89-91, 2004.

ROUSSOS, P. A. Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.253-258, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2006, 4p. (Comunicado Técnico 125).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2007, 4p. (Comunicado Técnico 127).

SAMUELIAN, S. K.; CAMPS, C.; KAPPEL, C.; SIMOVA, E. P.; DELROT, S.; COLOVA, V. M. Differential screening of overexpressed genes involved in flavonoid

biosynthesis in North American native grapes: 'Noble *muscadinia* var. and 'Cynthiana' *aestivalis* var. **Plant Science**, v.177, p.211-221, 2009.

SAUTTER, C. K. **Avaliação da presença de resveratrol em suco de uva**. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SAUTTER, C. K. **Indução pós-colheita da síntese de resveratrol e de resistência de frutos a podridões**. 2008. 78f. Tese (Doutorado em Agronomia) Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCHULZE-LEFERT, P.; BECKER-ANDRE, M.; SCHULZ, W.; HAHLBROCK, K.; DANGL, J. Functional architecture of the light-responsive chalcone synthase promoter from Parsley. **Plant Cell**, v.1, p.707-714, 1989.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. J. R. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p.144-58, 1965.

STATSOFT- **Statistica**. Tulsa: Statsoft, 2005, software version 7.0.

SPINELLI, F.R.; VANDERLINDE, R. Teores de estilbenos em vinhos do Rio Grande do Sul. In: XIII Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS, 2005, Caxias do Sul. **Resumo dos trabalhos**, Caxias do Sul: Editora da UCS, v. 13. p. 242-242, 2005.

TANG, K.; ZHAN, J.; YANG, H.; HUANG, W. Changes of resveratrol and antioxidant enzymes during UV-induced plant defense response in peanut seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, p.95-102, 2010.

TAKOS, A. M.; JAFFE, F. W.; JACOB, S. R.; BOGS, J.; ROBINSON, S.P.; WALKER, A. R. Light-induced expression of aMYB gene regulates anthocyanin biosynthesis in red apples. **Plant Physiology**, v.142, 1216-1232, 2006.

TIECHER, A.; DE PAULA, L. A.; CHAVES, F. C.; ROMBALDI, C. V. UV-C effect on ethylene, polyamines and the regulation of tomato fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v.86, p. 230-239, 2013.

VALAVANIDIS, A.; VLACHOGIANNI, T.; PSOMAS, A.; ZOVOLLI, A.; SIATIS, V. Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, p.1167-1175, 2009.

VALLVERDÚ-QUERALT, A.; MEDINA-REMÓN, A.; CASALS-RIBES, I.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? **Food Chemistry**, v.130, p. 222-227, 2012.

VEDANA, M. I. S. **Efeito do processamento na atividade antioxidante da uva**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

VERSARI, A.; PARPINELLO, G.P.; TORNIELLI, G.B.; FERRARINI, R.; GIULIVO, C. Stilbene compounds and stilbene synthase expression during ripening, wilting, and UV treatment in grape cv. Corvina. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 5531-5536, 2001.

VIAN, M.A.; TOMAO, V.; COULOMB, P.O.; LACOMBE, J. M.; DANGLES, O. Comparison of the anthocyanin composition during ripening of Syrah grapes grown using organic and conventional agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.5230-5235, 2006.

VITRAC, X.; BORNET, A.; VANDERLINDE, R.; VALLS, J. ; RICHARD, T.; DELAUNAY, J. C.; MERILLON, J. M.; TEISSEDRE, P. L. Determination of Stilbenes (d-viniferin, trans-astringin, trans-piceid, cis-and trans-resveratrol, e-viniferin) in Brazilian Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 14, p. 5664-5669, 2005.

WEBER, V.; VANDERLINDE, R.; DUTRA, S.V.; ADAMI, L.; MARCON, A.R.; SPINELLI, F.; CARNIELI, G. Compostos fenólicos e poder antioxidante e Ocratoxina A em suco de uva brasileiro. In: XIV Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS, 2006, Caxias do Sul. **Resumo dos trabalhos**, Caxias do Sul: Editora da UCS, 2006.

ZHONG, J. J. Plant secondary metabolites. **Comprehensive Biotechnology**, v.3, p. 299-308, 2011.

Capítulo 2

Compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) cultivadas em sistema de produção convencional e orgânico, tratadas com UV-C

1 Introdução

A relação entre dieta e saúde tem proporcionado intensas pesquisas sobre compostos bioativos em alimentos e bebidas. O consumo de frutas parece desempenhar um papel importante como um fator de proteção da saúde. Esse efeito benéfico está associado, principalmente, à atividade antioxidante desses compostos, que estão em grande parte presentes em frutas frescas e em seus produtos processados (KYLE; DUTHIE, 2006; OLIVEIRA et al., 2009; PEREIRA et al., 2013). Embora com os avanços tecnológicos, neles inclusas a informação e a comunicação, e a tentativa de popularização do consumo de alimentos saudáveis, entre esses as frutas e seus derivados, o consumo *per capita* nacional estagnou nessa última década (BRASIL, 2011). São, por exemplo, exceção a essa regra, os sucos, os minimamente processados e aqueles alimentos com redução da atividade de água (ABIR, 2013). De fato, o aumento do consumo se deu pela expansão das diferentes formas de uso dos sucos, como é o caso do suco integral, néctares e bebidas à base de sucos.

Uma das várias alternativas para o aproveitamento da uva é a elaboração de suco. Devido à facilidade de elaboração, aliada às características sensoriais e ao seu valor nutricional, o suco de uva pode contribuir na dieta alimentar. Nutricionalmente, esse produto é comparado com a própria uva, pois mantém em grande parte os constituintes da fruta como açúcares, minerais, ácidos, vitaminas e compostos fenólicos (RIZZON; MENEGUZZO, 2007).

O suco pode ser elaborado com uva de qualquer cultivar, desde que essa alcance uma maturação adequada e apresente bom estado sanitário. Em muitos países de tradição vitícola, o suco é elaborado com uvas *Vitis vinifera* tanto de cultivares brancas quanto tintas. Já o suco de uva brasileiro é elaborado principalmente com uvas *Vitis labrusca*, conhecidas como americanas e híbridas tintas, principalmente, Bordô e Concord (RIZZON; MANFROI; MENEGUZZO, 1998).

O suco de uva é uma importante fonte de compostos fenólicos. No entanto, a quantidade e o tipo desses compostos não são necessariamente os mesmos da uva *in natura*. Os teores variam de acordo com a espécie, variedade, maturidade das uvas, clima, práticas de cultivo e região onde as uvas se desenvolveram, bem como pelo processamento (BAUTISTA-ORTÍN et al., 2007).

No mercado de sucos, um dos sinais distintivos mais importantes, que diferencia o produto daquele elaborado a partir de uvas provenientes de vinhedos que receberam adubos químicos altamente hidrossolúveis e agrotóxicos, é a produção de uvas e sucos orgânicos (DANI, 2006). A produção orgânica, regulamentada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é um conjunto de processos de produção agrícola que parte do pressuposto básico de que a fertilidade é função direta da matéria orgânica contida no solo e que o equilíbrio no ecossistema é a base da produção com reduzido aporte de insumos, principalmente químicos. É um sistema baseado na preservação ambiental, na agro biodiversidade, nos ciclos biológicos e na qualidade de vida do homem, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica (ORMOND et al., 2002). Alguns autores têm demonstrado a influência do sistema de produção na composição em compostos bioativos da uva e produtos derivados, sendo que na maioria destes estudos os alimentos de origem orgânica apresentam maiores teores destes compostos (VIAN et al., 2006; DANI et al., 2007; CORRALES et al., 2010; FREITAS et al., 2010; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010).

Outro fator que tem influência sobre o teor de compostos bioativos das uvas é a radiação ultravioleta tipo C (UV-C). Essa radiação produz um estresse abiótico nos tecidos da planta e afeta o metabolismo secundário em diferentes vias, como por exemplo, na síntese de resveratrol e de flavonóides (CANTOS et al., 2003).

Diferentes métodos e tratamentos usados durante a produção de suco de uva também afetam significativamente a composição final do produto. Isto inclui tipo de extração e tempo de maceração, temperatura de extração além das condições de estocagem de produto (MALACRIDA; MOTTA, 2005).

Dos compostos fenólicos presentes na uva, o resveratrol tem sido bastante estudado em virtude de suas propriedades antioxidantes. Os níveis de resveratrol em tecidos vegetais encontram-se baixos sob condições naturais de crescimento, mas este composto é rapidamente acumulado em altas concentrações quando as

plantas são sujeitas a infecção por fungos e radiação ultravioleta (PAN; WANG; LI, 2009).

Em virtude disso, muitos estudos estão sendo realizados utilizando técnicas de pós-colheita em uvas como a radiação UV-C, no intuito de investigar a influência deste tratamento na síntese de compostos fenólicos, principalmente o resveratrol, nos processos de obtenção de vinhos (BERTAGNOLLI et al., 2007) e sucos (GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009; PALA; TOKLUCU, 2013). No entanto, são necessários estudos que relacionem a influência do sistema de produção em associação ao tratamento pós-colheita com UV-C em uvas visando a indução de compostos bioativos e seus efeitos sobre os produtos elaborados a partir destas.

Neste sentido, tais técnicas podem originar sucos com propriedades potencialmente funcionais que, em associação ao crescente aumento da área cultivada, permitem aumentar o potencial de expansão e comercialização de sucos de uva com possíveis benefícios à saúde. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do sistema de produção convencional e orgânico das uvas e o tratamento pós-colheita com UV-C na concentração de compostos bioativos dos sucos elaborados a partir da uva.

Neste contexto, a hipótese desse trabalho é:

Hipótese. Sucos elaborados com uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, oriundas de produção orgânica contêm maior teor de compostos bioativos de origem fenólica do que aqueles produzidos com uvas da produção convencional, e a aplicação de UV-C pós-colheita incrementa os teores destes compostos.

2 Material e Métodos

2.1 Material vegetal

O estudo foi conduzido com uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, safra 2011/2012, provenientes de dois vinhedos comerciais localizados no município de Verê, região Sudoeste do Paraná. Esse município pertence à microrregião de Francisco Beltrão e está localizado a uma altitude de 485 m, latitude de 25 ° 52 ' 43 " S e longitude de 52 ° 54 ' 28 " W, sob clima subtropical.

As uvas foram colhidas de vinhedos de 10 anos, conduzidos em sistema latada, oriundos de produção convencional (altitude de 564 m, latitude de 25 ° 54' 01" S e longitude de 52 ° 53 ' 51 " W) e orgânica (altitude de 492 m, latitude de 25° 51' 21" S e longitude de 52° 55' 06" W) de propriedades próximas (5,3 km) e, portanto, sob condições climáticas semelhantes.

No sistema de produção convencional foi realizada a adubação química do solo e foram utilizados fungicidas para o controle de fungos. No sistema orgânico, o solo do vinhedo possui a cobertura verde e não foram utilizados fungicidas orgânicos sintéticos. Somente se fez o uso de tratamentos permitidos pela certificação orgânica para o controle de doenças, como é o caso do sulfato de cobre, hidróxido de cálcio e enxofre de forma preventiva. As características dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânico estão apontados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas dos solos dos vinhedos de sistema de produção convencional e orgânica

| Análises | Solo vinhedo de sistema convencional | Solo vinhedo de sistema orgânico |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Matéria orgânica (g.dm ⁻³) | 26,80 | 36,19 |
| Fósforo (mg.dm ⁻³) | 6,14 | 25,85 |
| Potássio (cmol.dm ⁻³) | 0,38 | 0,55 |
| Cobre (mg.dm ⁻³) | 11,63 | 22,32 |
| Ferro (mg.dm ⁻³) | 27,52 | 56,26 |
| Zinco (mg.dm ⁻³) | 6,13 | 13,36 |
| Manganês (mg.dm ⁻³) | 203,70 | 220,08 |
| Cálcio (cmol.dm ⁻³) | 6,34 | 8,30 |
| Magnésio (cmol.dm ⁻³) | 2,35 | 3,39 |
| Alumínio (cmol.dm ⁻³) | 0,00 | 0,00 |
| H + Al (cmol.dm ⁻³) | 3,68 | 3,42 |
| SB* (cmol.dm ⁻³) | 9,07 | 12,24 |
| Índice SMP | 6,40 | 6,50 |
| V* (%) | 71,14 | 78,16 |
| Saturação de alumínio (%) | 0,00 | 0,00 |
| pH (CaCl ₂) | 5,69 | 5,60 |

*SB: soma de bases trocáveis; V: saturação por bases. Análises realizadas no Laboratório de solos da UTFPR/IAPAR, 2011.

A colheita foi realizada quando a uva atingiu a plena maturação tecnológica, caracterizada pela estabilização no acúmulo de sólidos solúveis totais. Posteriormente à colheita das uvas, os cachos foram selecionados de acordo com o grau de sanidade, lavados em água clorada (hipoclorito de sódio 50 mg.L⁻¹, pH 5,0, 23 ± 3°C). A drenagem do excesso de água foi realizada com auxílio de peneiras e posterior acondicionamento em caixas plásticas perfuradas que facilitam o

escorrimento do excedente de água. Após esse procedimento as mesmas foram separadas em unidades experimentais de 25 kg de uva. Um grupo de unidades experimentais permaneceu sem tratamento com UV-C (controle), e o outro foi submetido ao tratamento pós-colheita com UV-C. Este procedimento foi realizado para o sistema de produção convencional e para o orgânico separadamente. Assim, na etapa de produção das uvas não houve triplicata dos tratamentos, tendo-se utilizado apenas um vinhedo em produção orgânica e um vinhedo em produção convencional. Mas, de cada vinhedo, foram coletadas amostras que constituíram as três unidades experimentais e nessas foram realizados os tratamentos pós-colheita. As análises foram realizadas em triplicata técnica.

2.2 Tratamento pós-colheita com UV-C

As uvas foram submetidas ao tratamento com radiação UV-C segundo método descrito por Cantos, Espín e Tomás-Barberán (2001), com modificações descritas a seguir. Foram utilizados os seguintes parâmetros: taxa de fluência da radiação de $65,6 \text{ J.m}^{-2}$ e distância de 30 cm entre a fonte luminosa e as uvas. As uvas foram dispostas em uma única camada em bandejas brancas as quais foram submetidas à radiação em cabine equipada com três lâmpadas UV-C (90 W Philips®) por 5 minutos. Em seguida os cachos foram volvidos 180° e permaneceram sob a fonte luminosa por mais 5 minutos, totalizando um tempo de radiação de 10 minutos. O material radiado foi estocado por três dias à temperatura de $23 \pm 3^\circ\text{C}$, na ausência de luz, para promover a indução da biossíntese de compostos bioativos. As uvas que não receberam o tratamento permaneceram sob as mesmas condições.

2.3 Elaboração dos sucos de uva

As uvas sem tratamento e as submetidas à radiação UV-C foram utilizadas para obtenção do suco correspondente. O suco foi obtido em extrator de arraste a vapor, denominado de extrator caseiro. Este equipamento é composto de: um depósito de água que passa ao estado de vapor para a extração do suco de uva; um depósito perfurado; um recipiente maior externo que possui uma abertura cilíndrica no centro para permitir a passagem do vapor e uma abertura lateral que permite a retirada do suco, além de uma tampa superior. O calor do vapor de água que passa

pelas bagas de uvas acondicionadas no recipiente perfurado permite o rompimento das mesmas e o suco começa a ser extraído, sendo armazenado no recipiente coletor onde sofre o processo de pasteurização. O tempo de extração do suco foi de 30 minutos. Após esse período, procedeu-se à homogeneização dos sucos dentro do próprio extrator, os quais foram embalados a 90°C em garrafas de vidro de 500 mL previamente esterilizadas. Após, os recipientes foram fechados com tampas plásticas, tipo rosca, com película plástica no seu interior que permite a completa vedação e manutenção do vácuo formado após o resfriamento do suco. As garrafas foram invertidas por 20 minutos para esterilizar a tampa, garantindo assim a estabilidade biológica e a conservação sem aditivos químicos. Os sucos foram armazenados a temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C}\pm 5$) na ausência de luz (PINHEIRO et al., 2009). O rendimento do processo foi de 62,5%, ou seja, 2,5 L de suco para cada 4 kg de bagas.

2.4 Análises físico-químicas nos sucos

2.3.1 Sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e cor

Foram realizadas nos sucos as análises de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH segundo métodos descritos pela AOAC (2000).

A análise instrumental da cor dos sucos foi realizada em colorímetro (Minolta CR-300). Os sucos foram dispostos em placas de Petri com 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura. Os parâmetros de cor medidos foram: L^* , a^* e b^* , onde L^* indica a luminosidade (0= preto e 100=branco) e a^* e b^* representam as coordenadas de cromaticidade ($+a^*$ = vermelho, $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo, $-b^*$ =azul). Os parâmetros de cor foram convertidos em ângulo de cor, $H^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$, indicando o ângulo Hue (H°) da amostra (0° ou 360° = vermelho; 90° = amarelo; 180° =verde; 270° = azul) (ZHANG et al., 2008).

2.3.2 Compostos fenólicos totais, antocianinas totais, compostos fenólicos individuais e atividade antioxidante

2.3.2.1 Compostos fenólicos totais

O teor dos compostos fenólicos totais dos sucos foi determinado pelo método colorimétrico descrito por Singleton e Rossi (1965). Uma alíquota de 1 mL

de suco foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL ao qual foi adicionado 60 mL de água ultra pura e 5 mL de reagente Folin-Ciocalteu. Após transcorridos 8 minutos foram adicionados 20 mL da solução de carbonato de sódio 20%, e o volume de 100 mL foi completado com água ultra pura. Essa mistura ficou em repouso, ao abrigo da luz, durante 2 h e em seguida foi filtrada. Em análises preliminares exploratórias para otimização do método, verificou-se que as amostras apresentavam elevados teores de compostos fenólicos. Por isso, as amostras foram diluídas 2,5 vezes. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 725 nm. Para a obtenção da equação e regressão, foi preparada uma solução inicial de ácido gálico ($1,0 \text{ g.L}^{-1}$). A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão com 80; 160; 240; 320; 400 $\mu\text{g.100 mL}^{-1}$ de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente. 100 g^{-1} uva em base úmida.

2.3.2.2 Antocianinas totais

As antocianinas totais dos sucos foram mensuradas através do método de diferença de pH segundo Lee, Durst e Wrolstad (2005). Foram realizadas diluições das amostras (extratos) em balão volumétrico de 50 mL com solução tampão pH 1,0 e procederam-se as leituras em espectrofotômetro a 520 nm. Para cada amostra foram estabelecidas diluições dentro de uma faixa linear da reta de leitura do espectrofotômetro cuja absorvância estava compreendida entre 0,2 e 1,4 nm. Foram determinadas as absorvâncias das amostras diluídas com solução tampão pH 1,0 e pH 4,5, nos comprimentos de onda de 520 e 700nm. Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo. 100 g^{-1} de uva em base úmida.

2.3.2.3 Compostos fenólicos individuais

A identificação e quantificação dos flavonóides foram realizadas utilizando-se coluna Prodigy 5 μ ODS(3) 250 x 4,60 mm (Phenomenex Ltd, Reino Unido). Utilizou-se gradiente de solventes constituído por A (Água: Tetrahydrofurano: Ácido trifluoroacético 98: 2: 0,1) e B (Acetonitrila), na proporção de 17% de B por 2 minutos aumentando para 25% B após 5 minutos, 35% B após mais 8 minutos e 50% B após mais 5 minutos. Para limpeza da coluna, a % de B foi aumentada então para 90 e a seguir re-equilibrada nas condições iniciais por 10 minutos. Foi utilizado o cromatógrafo líquido da Hewlett Packard série 1100, equipado com detector com

arranjo de diodos (DAD). A identificação foi feita a partir da comparação dos tempos de retenção e dos espectros com os dos espectros padrões, armazenados na Biblioteca da ChemStation. Os padrões de antocianinas foram adquiridos da Extrasynthese (Genay, França) e os dos outros flavonóides da Sigma Chemical Co. (St. Louis, E.U.A.). O índice de recuperação variou de 91% (cianidina) a 107% (malvidina). As amostras foram injetadas em duplicata e os resultados expressos em miligramas equivalentes de aglicona por 100 g de amostra base úmida (ABE et al., 2007).

2.3.2.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), conforme descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) com modificações de Rufino et al. (2007). Foram realizadas quatro diluições de cada amostra (suco). Foi transferida uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição das amostras para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH e 0,1 mL da solução controle de álcool metílico, acetona e água. Em seguida, foi realizada a homogeneização em agitador de tubos. As leituras da absorbância em espectrofotômetro a 515 nm foram realizadas após 30 minutos de reação. O tempo de reação foi estabelecido mediante testes prévios, variando de 30 minutos a 24 horas. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão nas concentrações 10, 20, 30, 40, 50 e 60 μM , a partir de uma solução inicial de DPPH (60 μM). Os resultados foram expressos em EC_{50} (mL suco.g^{-1} DPPH), ou seja, os valores obtidos correspondem à quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH.

Adicionalmente, determinou-se a atividade sequestrante de radicais livres a partir de uma curva padrão de Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid). A partir de uma solução inicial de Trolox (20 μM), foram preparadas soluções nas concentrações de 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 μM . De cada concentração foram transferidos 20, 100, 200, 300 e 600 μL para tubos de ensaio e foram adicionados 4 mL da solução de DPPH. Os tubos de ensaio foram agitados, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 515 nm após 30 minutos de reação. Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) em $\mu\text{M.g}^{-1}$ de suco.

A atividade antioxidante também foi determinada pelo método de redução de ferro (FRAP) segundo método descrito por Rufino et al. (2006). Foram realizadas cinco diluições de cada amostra (extratos). Foi transferida uma alíquota de 90 μ L de cada diluição para tubos de ensaio com 270 μ L de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP (tampão acetato 0,3 M, solução de TPTZ - 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina e solução aquosa de cloreto férrico 20 mM), em seguida, os tubos foram homogeneizados e mantidos em banho-maria a 37°C. A leitura foi realizada a 595 nm após 30 minutos de reação, tempo estabelecido mediante testes prévios. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão nas concentrações 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 mM, a partir de uma solução inicial de Trolox (6 mM). Os resultados foram expressos em micromolar de Trolox por mL de suco.

2.3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado constituindo-se de 4 tratamentos (2 sistemas de produção x 2 tratamentos pós-colheita UV-C), com uma repetição biológica na produção e três repetições na pós-colheita (Tabela 2).

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise estatística de variância ANOVA com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises de correlação foram realizadas ao nível de confiança de 95%. As avaliações foram realizadas no software *Statistica 7.0* (STATSOFT, 2005).

Tabela 2. Delineamento experimental para testar a hipótese

| Tratamentos | Variáveis independentes | | Variáveis dependentes |
|-------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | Sistema de produção | Tratamento pós-colheita | |
| 1 | Convencional | sem UV-C | Sólidos solúveis totais Acidez total titulável pH Cor |
| 2 | Convencional | com UV-C | Compostos fenólicos totais Antocianinas totais e individuais (malvidina, delphinidina, cianidina e peonidina) Flavanóis (catequina e epicatequina) |
| 3 | Orgânico | sem UV-C | Flavonóis (quercetina e caempferol) Estilbeno (<i>trans</i> e <i>cis</i> -resveratrol) Atividade antioxidante |
| 4 | Orgânico | com UV-C | |

3 Resultados

2.5 Efeito dos sistemas de produção e da aplicação da radiação UV-C na composição físico-química de sucos de uva cv. Concord

Os sucos produzidos com uvas provenientes de sistema de produção convencional e orgânico avaliados logo após sua elaboração diferiram significativamente entre si para acidez total titulável e sólidos solúveis totais. Os teores de sólidos solúveis totais e de acidez total titulável se mostraram superiores nos sucos orgânicos. Já, a aplicação pós-colheita da radiação UV-C não influenciou os teores de pH e acidez total titulável, mas houve decréscimo dos teores de sólidos solúveis totais em sucos provenientes de uvas tratadas com essa radiação (Tabela 3).

Tabela 3. Características físico-químicas de sucos de uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita com UV-C, provenientes de sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis | Tratamentos Sucos* | | | |
|---|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânico | Orgânico UV-C |
| pH | 3,09 ± 0,01 bc A | 3,14 ± 0,04 abc A | 3,06 ± 0,01 bc A | 3,19 ± 0,12 abc A |
| Acidez total titulável (g ácido tartárico.100mL ⁻¹ suco) | 0,96 ± 0,03 b A | 0,99 ± 0,00 ab A | 1,08 ± 0,03 a A | 1,01 ± 0,12 ab A |
| Sólidos solúveis totais (° Brix) | 14,72 ± 0,06 c A | 13,97 ± 0,06 d B | 16,72 ± 0,06 a A | 15,47 ± 0,06 b B |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre as uvas em cada sistema de produção.

O teor dos compostos fenólicos dos sucos variou de 81,37 a 87,19 mg de ácido gálico equivalente. 100g⁻¹ de suco, sendo que não houve diferença significativa entre os sistemas de produção convencionais e orgânicos. Após a aplicação da radiação UV-C houve um incremento significativo do teor desses compostos para os sucos produzidos com uvas de sistema de produção convencional (Figura 1 A).

Com relação às antocianinas totais não houve diferença significativa no teor destes componentes nos sucos provenientes de uvas de sistema de produção convencional e orgânico. O tratamento com radiação UV-C propiciou aumento no teor de antocianinas somente nos sucos elaborados com uvas de sistema de produção convencional.

Os sucos elaborados com uvas de sistema de produção convencional apresentaram maior teor de malvidina e peonidina em relação aos sucos produzidos com uvas de sistema orgânico, enquanto que o teor das demais antocianinas avaliadas foi similar para ambos os sucos. Os teores de malvidina, delphinidina e cianidina foram superiores nos sucos produzidos a partir de uvas de sistema de produção convencional tratadas com radiação UV-C. Por outro lado, nos sucos oriundos de uvas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C só houve incremento no teor de peonidina (Figura 1 E).

Quanto aos flavanóis, os sucos produzidos com uvas de sistema de produção convencional apresentaram maior teor de catequina, sendo que os valores de

epicatequina não diferiram entre o sistema de produção convencional e orgânico. Somente os sucos elaborados com uvas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C apresentaram teores de epicatequina superiores os sucos elaborados com uvas sem tratamento (Figura 1 C).

Não houve diferença significativa nos teores dos flavonóis quercetina e caempferol dos sucos elaborados com uvas de sistema de produção convencional e orgânico, mesmo quando aplicada a radiação UV-C (Figura 1 D).

Os teores de *trans* e *cis*-resveratrol dos sucos produzidos com uvas oriundas de sistema orgânico e convencional não diferiram estatisticamente. Apenas o suco elaborado com uvas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C apresentaram valores de *cis*-resveratrol superiores ao suco produzido com uvas não tratadas (Figura 1 B). Os valores das análises de compostos bioativos também estão descritos no Apêndice B.

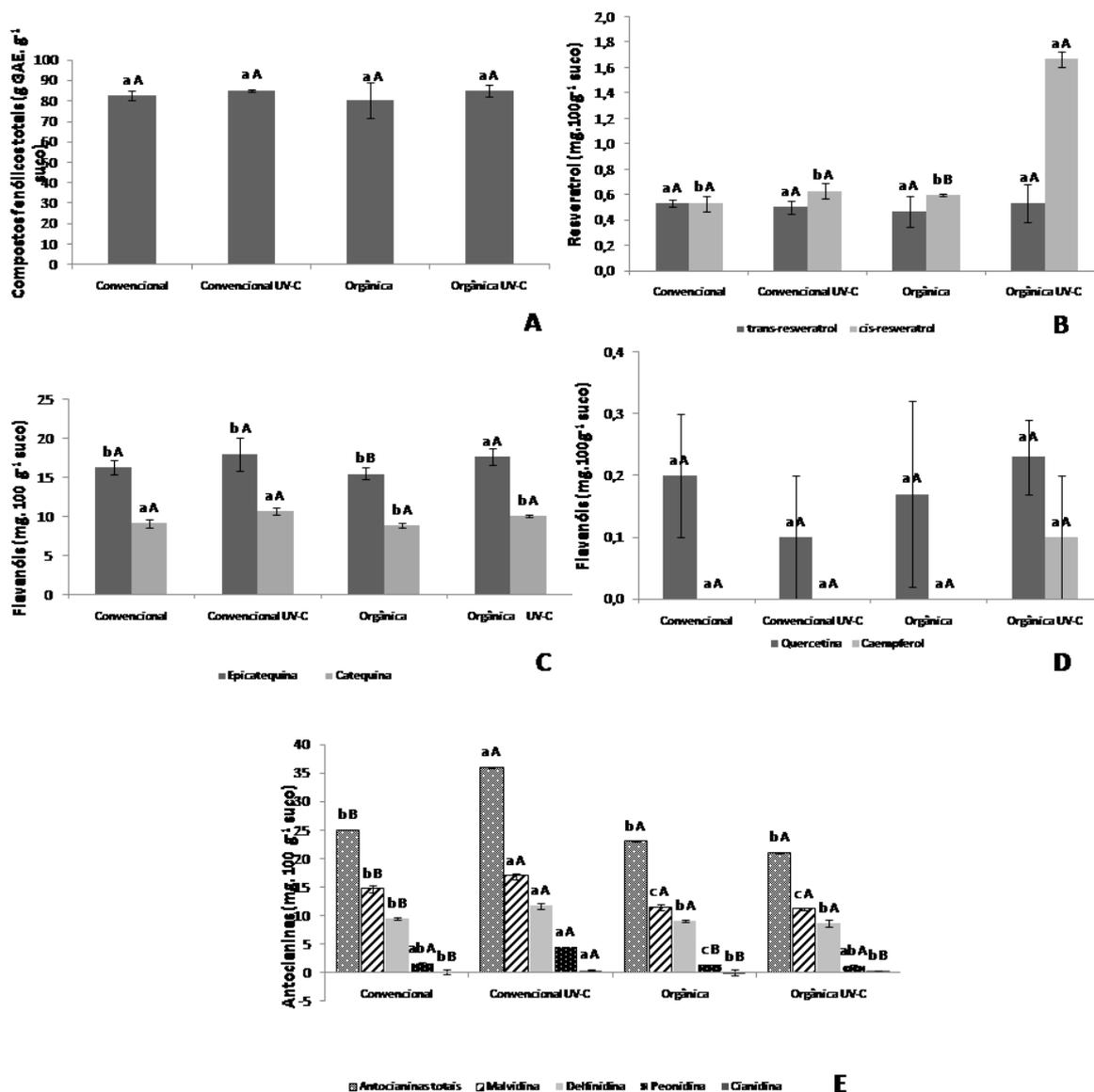


Figura 1. Teores de compostos fenólicos totais (A), resveratrol (B), flavanóis (C), flavonóis (D), antocianinas totais e individuais (E) dos sucos de uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico.

* Nas barras estão representados os valores médios (n=3) e o desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula nas barras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre os sucos produzidos com uvas em cada sistema de produção.

Os sucos oriundos de uvas de sistema de produção convencional e orgânico submetidas à radiação UV-C não diferiram estatisticamente em relação à atividade

antioxidante expressa em EC_{50} . No entanto, os sucos de uvas de sistema de produção orgânico tratadas com UV-C apresentaram atividade antioxidante expressa em TEAC superior àquela do suco não tratado. Quando a atividade antioxidante foi avaliada pelo método de redução do ferro (FRAP) o suco que apresentou maior atividade antioxidante foi aquele elaborado com uvas produzidas no sistema convencional sem tratamento com UV-C (Tabela 4).

Tabela 4. Atividade antioxidante dos sucos de uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis | Tratamentos | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Sucos* | | | |
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânico | Orgânico UV-C |
| EC₅₀** (mL suco.g ⁻¹ DPPH) | 4552,98 ± 118,12 a A | 4575,51 ± 417,58 a A | 4647,59 ± 152,00 a A | 4539,40 ± 152,32 a A |
| TEAC*** (μM Trolox. mL ⁻¹ suco) | 11,74 ± 0,17 ab A | 11,52 ± 0,23 b A | 10,57 ± 0,18 d B | 11,01 ± 0,12 c A |
| FRAP**** (μM Trolox.mL ⁻¹ suco) | 64,66 ± 5,63 a A | 48,04 ± 2,27 bc B | 41,43 ± 0,75 c A | 47,99 ± 2,24 bc A |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre as uvas em cada sistema de produção.

**EC₅₀: quantidade de amostra necessária para reduzir 50% a concentração inicial de DPPH.

***TEAC: atividade antioxidante equivalente ao Trolox.

**** FRAP: atividade antioxidante pelo método de redução do ferro.

A atividade antioxidante dos sucos elaborados com uvas provenientes de sistema convencional apresentaram correlação linear positiva forte ($r=0,7353$) com os teores de peonidina. Ao contrário dos teores de *trans*-resveratrol ($r=-0,9995$) e *cis*-resveratrol ($r=-0,9995$) que apresentaram correlação linear negativa muito forte. Não houve correlação dos teores de antocianinas totais e caempferol com a atividade antioxidante.

A atividade antioxidante dos sucos elaborados com uvas provenientes de sistema convencional UV-C apresentaram correlação linear positiva forte com os teores de quercetina ($r=0,8847$) e *trans*-resveratrol ($r=0,8847$). Ao contrário do teor de *cis*-resveratrol ($r=-0,9993$) que apresentaram correlação linear negativa muito forte. Não houve correlação dos teores de caempferol com a atividade antioxidante.

A atividade antioxidante dos sucos elaborados com uvas provenientes de sistema orgânico apresentaram correlação linear positiva forte ($r=0,9880$) com os teores de cianidina. Ao contrário dos teores de epicatequina ($r=-0,9187$) que apresentaram correlação linear negativa muito forte. Não houve correlação dos teores de caempferol com a atividade antioxidante.

A atividade antioxidante dos sucos elaborados com uvas provenientes de sistema orgânico UV-C apresentaram correlação linear positiva forte ($r=0,9862$) com os teores de compostos fenólicos totais. Ao contrário dos teores de catequina ($r=-0,9687$) e *cis-resveratrol* ($r=-0,9687$) que apresentaram correlação linear negativa muito forte (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação entre os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante expressa em EC_{50} de sucos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
| | Suco de uva convencional | Suco de uva convencional UV-C | Suco de uva orgânico | Suco de uva orgânico UV-C |
| Compostos fenólicos totais | - 0,9949 | - 0,7606 | 0,6883 | 0,9862 |
| Antocianinas totais | * | 0,3950 | 0,9063 | 0,9687 |
| Malvidina | 0,6708 | 0,1530 | - 0,7479 | 0,6994 |
| Delfinidina | - 0,3069 | - 0,3616 | 0,0872 | 0,4027 |
| Cianidina | - 0,2475 | - 0,7301 | 0,9880 | - 0,0300 |
| Peonidina | 0,7353 | - 0,5331 | - 0,2960 | - 0,7147 |
| Flavanóis | | | | |
| Catequina | - 0,6310 | - 0,2400 | - 0,3158 | - 0,9687 |
| Epicatequina | 0,0005 | - 0,3143 | - 0,9187 | - 0,8033 |
| Flavonóis | | | | |
| Quercetina | - 0,0309 | 0,8847 | 0,9618 | - 0,6994 |
| Caempferol | * | * | * | - 0,2484 |
| Estilbeno | | | | |
| <i>trans-resveratrol</i> | - 0,9995 | 0,8847 | - 0,0872 | 0,0608 |
| <i>cis-resveratrol</i> | - 0,9995 | - 0,9993 | - 0,4226 | - 0,9687 |

* Não houve correlação.

As variáveis de cor estudadas apresentaram diferença estatística entre si. Em relação à coordenada a^* (verde ao vermelho), os valores foram positivos, entre 45,11 e 58,61, indicando a presença do componente de cor vermelha nos sucos. A coordenada b^* (amarelo ao azul) também apresentou valores positivos, entre 8,51 e 19,99, mostrando tendência à cor azul. Foi possível observar o aumento do ângulo de tonalidade de cor ($^{\circ}H$) nos sucos elaborados com uvas submetidas ao UV-C em relação aos sucos de uvas não tratadas, assim como o aumento de luminosidade (L) (Tabela 6).

Tabela 6. Ângulos de tonalidade de cor ($^{\circ}H$), luminosidade (L) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* dos sucos de uva *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis | Tratamentos | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Sucos* | | | |
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânico | Orgânico UV-C |
| $^{\circ}H$ (Ângulo Hue) | 10,68 ± 1,80 c B | 19,22 ± 0,89 a A | 13,49 ± 1,43 bc B | 18,22 ± 2,74 a A |
| L | 20,54 ± 3,08 c B | 28,30 ± 4,60 ab A | 21,83 ± 1,27 c B | 32,01 ± 1,67 a A |
| a^* | 45,11 ± 1,96 bc B | 57,25 ± 3,14 a A | 51,24 ± 2,31 ab A | 58,61 ± 2,05 a A |
| b^* | 8,51 ± 1,37 c B | 19,99 ± 2,08 a A | 12,32 ± 1,89 abc A | 19,40 ± 3,70 abc A |

Os sucos de uva oriundos de sistema de produção convencional não apresentaram correlação; os sucos de uva de sistema de produção convencional UV-C apresentaram correlação linear positiva forte ($r=0,8075$); os sucos de uva de sistema de produção orgânico apresentaram correlação linear muito forte ($r=0,9242$) e os sucos de uva de sistema de produção orgânico UV-C apresentaram correlação moderada ($r=0,4470$) entre os teores de antocianinas totais e o ângulo de tonalidade de cor (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação entre os teores de antocianinas totais e o ângulo de tonalidade de cor (H°) de sucos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de vinhedos cultivados em sistema de produção convencional e orgânico

* Não houve correlação.

| Compostos bioativos | Coeficiente de correlação (r) | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
| | Suco de uva convencional | Suco de uva convencional UV-C | Suco de uva orgânico | Suco de uva orgânico UV-C |
| Antocianinas totais | * | 0,8075 | 0,9242 | 0,4470 |

4 Discussão dos resultados

Vários estudos têm investigado a influência do sistema de produção na composição química da uva e de seus produtos derivados (DANI et al., 2007; CORRALES et al., 2010; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010). Tais pesquisas relatam os benefícios da agricultura orgânica, destacando a não utilização de produtos fitossanitários durante o cultivo e a produção de uva e derivados com maiores teores de compostos fenólicos. No entanto, essas afirmativas não são unânimes, conforme estudos realizados por Vian et al. (2006), os quais verificaram teores de antocianinas superiores em uvas de sistema de produção convencional e Freitas et al. (2010), que constataram similaridade no teor de resveratrol entre os sucos obtidos de uvas de sistema de produção convencional e orgânico. Nesse contexto, mesmo se tratando de temática amplamente estudada, há necessidade de estudos continuados de modo a se formularem teorias e práticas acerca da problemática. Nesse estudo, a avaliação está centrada na caracterização do suco elaborado a partir de uvas produzidas em dois sistemas de produção e tratadas com radiação UV-C depois de colhidas.

A legislação brasileira estabelece parâmetros analíticos para o suco de uva a fim de assegurar sua identidade e qualidade (BRASIL, 2004). Segundo Rizzon e Meneguzzo (2007), o valor mínimo de pH no suco de uva deve ser de 3,0. Os valores de pH obtidos neste estudo são similares aos obtidos por Haas (2007) para o suco de uva da cultivar Concord. Esta semelhança, provavelmente, pode ter ocorrido, por se tratar da mesma cultivar utilizada neste estudo, pois segundo Pinheiro et al. (2009), este parâmetro pode variar com as características das

variedades. Esse valor de pH é coerente com a cultivar e está adequado para a conservação de um suco de uva submetido ao tratamento térmico de pasteurização (SANTANA et al., 2008).

A acidez titulável do suco de uva é decorrência, principalmente, dos ácidos tartárico, málico e cítrico. Esses ácidos orgânicos conferem um pH baixo, sendo que o valor mínimo para este parâmetro varia de 3,0 a 3,1 nestes sucos (RIZZON; MENEGUZZO, 2007), garantindo um equilíbrio entre os gostos doce e ácido (RIZZON; LINK, 2006). Segundo Pinheiro et al. (2009), a acidez total titulável pode variar de 0,41 g de ácido tartárico em 100 mL de suco até valores superiores a 0,90 g de ácido tartárico em 100 mL de suco. Os sucos analisados apresentaram acidez total titulável acima do limite estabelecido pela legislação que é de 0,90 g de ácido tartárico em 100 mL de suco (BRASIL, 2004). O estágio de maturação e as condições de cultivo podem ter induzido a maior acidez. A radiação UV-C não influenciou os valores de pH e de acidez total titulável dos sucos, assim como ocorreu nas pesquisas de Pala e Toklucu (2013) em suco de uva, Caminiti et al. (2012) e Noci et al. (2008) em suco de maçã e Pala e Toklucu (2011) em suco de romã, tratados com UV-C.

Os sólidos solúveis totais dos sucos avaliados apresentaram-se dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de 14 °Brix (BRASIL, 2004). Os sucos orgânicos tiveram níveis superiores de sólidos solúveis, o que pode estar relacionado com as características da uva produzida. A qualidade nutricional superior do solo (Tabela 1) e o manejo técnico no sistema de produção orgânico podem ter influenciado essa característica. Segundo Sautter (2003), a diminuição no teor de sólidos solúveis totais após a aplicação do UV-C pode ser devido ao consumo de açúcares para a biossíntese de outros compostos, tais como o resveratrol, corroborando com os resultados encontrados neste estudo, no qual se evidenciou um incremento nos teores de antocianinas e epicatequina.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos e acumulados nas plantas. Dependendo da presença de fatores bióticos e abióticos a que estas são submetidas, isso pode resultar em diferentes quantidades destes compostos nos órgãos das plantas (DANI, 2006). Segundo Corrales et al. (2010), estudos comparando esses compostos em uvas de sistema de produção orgânico e convencional ainda são inconsistentes. Mulero, Pardo e Zafrilla (2010), ao avaliarem vinhos oriundos de uvas de sistema de produção orgânico e convencional, não

verificaram diferenças nos teores de compostos fenólicos totais desses produtos, à semelhança do que ocorreu neste estudo. No entanto, Dani et al. (2007), ao estudarem sucos de uva da cv. Bordô de diferentes sistemas de produção observaram maior teor de compostos fenólicos totais nos sucos orgânicos.

Sautter (2003) analisou sucos provenientes de uvas tratadas com UV-C e detectou valores de compostos fenólicos totais semelhantes aos obtidos neste estudo, sendo que esses teores não foram afetados após a aplicação do tratamento UV-C. Outras pesquisas aplicaram esta radiação diretamente nos sucos de romã (PALA; TOKLUCU, 2011), maçã (CAMINITI et al., 2012), uva (PALA; TOKLUCU, 2013) e melancia (FENG et al., 2013), e observaram este mesmo comportamento. No entanto, Noci et al. (2008) e Ochoa-Velasco e Guerrero-Beltrán (2012) verificaram uma diminuição no teor desses compostos em sucos de maçã e pitaia, respectivamente. Essas diferenças ocorrem possivelmente pelas diferentes dosagens de radiação UV-C aplicadas nas uvas e sucos.

O sistema de produção em que as uvas foram cultivadas também não afetou o teor de antocianinas totais presentes nos respectivos sucos. A malvidina foi a antocianina majoritária encontrada em ambos os sucos. Mulero, Pardo e Zafrilla (2010) também encontraram esta antocianina em maior quantidade nos vinhos oriundos de uvas de sistema de produção convencional e orgânico. No entanto, diferentemente do que ocorreu neste estudo, estes mesmos autores encontraram maior teor de antocianinas em vinhos oriundos de sistema de produção orgânica. Da mesma forma, Dani et al. (2007) encontraram maiores valores de antocianinas em sucos de uva de sistema de produção orgânico.

A aplicação da radiação UV-C somente promoveu a indução de antocianinas totais nos sucos oriundos de uvas de sistema de produção convencional. Este comportamento também foi observado nesses sucos com as antocianinas individuais malvidina, delphinidina e peonidina. Embora nos sucos de uva de sistema de produção orgânico não tenha havido modificação no teor de antocianinas totais, a aplicação de UV-C teve influência no teor de cianidina, propiciando um incremento deste componente. No entanto, não foram observadas mudanças nos teores de antocianinas após o tratamento UV-C de sucos de romã e de uva nos estudos de Pala e Toklucu (2011) e (2013), respectivamente.

O teor de catequina foi superior em sucos de uvas de sistema de produção convencional. Dani et al. (2007) também encontraram valores elevados deste

flavanol durante a avaliação de sucos de uva da cultivar Bordô de sistema convencional produzidos em escala piloto. Já os valores de epicatequina não diferiram em ambos os sucos. A aplicação de UV-C somente incrementou o teor de epicatequina nos sucos de uvas oriundas de sistema de produção orgânico.

Não houve diferença significativa no teor de flavonóis entre os sucos avaliados. Isto também foi observado por Mulero, Pardo e Zafrilla (2010) em vinhos elaborados com uvas de sistema de produção convencional e orgânico.

Neste estudo não houve diferença no teor de *trans* e *cis*-resveratrol entre os sucos produzidos com uvas de diferentes sistemas de produção. Por outro lado, Freitas et al. (2010), obtiveram teores de *trans*-resveratrol de 2,59 e 3,25 mg.100mL⁻¹ em sucos processados com uvas da cultivar Concord de sistema de produção orgânico e convencional, respectivamente. De modo geral, concentrações significativas de resveratrol são encontradas nos sucos de uvas brasileiros, porém essas concentrações variam de acordo com a origem e o tipo da uva, o processo de extração do suco e a infecção fúngica ocorrente na videira. Segundo Sautter (2003), a radiação UV-C aumentou consideravelmente os níveis de *trans*-resveratrol nos sucos elaborados com uvas que sofreram este tratamento pós-colheita, sendo que isto não ocorreu com o *cis*-resveratrol. Diferentemente, neste estudo somente houve aumento no teor de *cis*-resveratrol com a aplicação do UV-C em sucos de uvas cuja origem é o sistema de produção orgânico

Neste trabalho a atividade antioxidante dos sucos oriundos de uvas de sistema de produção orgânico esteve mais correlacionada com o teor de antocianinas totais e epicatequina, enquanto que os sucos produzidos com uvas de sistema convencional apresentaram baixa correlação com os componentes avaliados, demonstrando haver diferenças entre os sistemas de produção. Em concordância, Dani et al. (2007) verificaram que os sucos processados com uvas *Vitis labrusca* são considerados fontes de antioxidantes e que a atividade biológica é influenciada não somente pelo teor dos compostos fenólicos mas também pelo manejo agrícola utilizado.

Alguns estudos observaram que a atividade antioxidante pode diminuir com a aplicação da radiação UV-C, dependendo da dose utilizada, em suco de pitaiá (OCHOA-VELASCO; GUERRERO-BELTRÁN, 2012) e maçã (CAMINITI et al., 2010). Neste trabalho, pelo método FRAP observou-se uma diminuição na atividade antioxidante dos sucos de uva de sistema convencional tratados com UV-C. Quando

expressa em TEAC, houve um discreto incremento da atividade antioxidante nos sucos de uva provenientes de sistema de produção orgânico com UV-C. No entanto, pelo método DPPH não houve diferença significativa na atividade antioxidante dos sucos avaliados, corroborando com os estudos de Pala e Tocluku (2011) em sucos de romã tratados com UV-C. Essas diferenças podem ser explicadas pela sensibilidade de detecção de cada método utilizado para a avaliação da atividade antioxidante. Conforme Iacopini et al. (2008), não existe um único método universal a qual a atividade antioxidante possa ser avaliada e resultados variáveis podem ser obtidos usando diferentes ensaios, devido ao uso de diferentes radicais ou ambientes de reação.

O sistema de produção não afetou a coloração dos sucos analisados. Já, a radiação UV-C influenciou na cor dos sucos, sendo que para os sucos de uvas de sistema de produção convencional houve aumento de todos os parâmetros de cor avaliados (a^* , b^* , L e $^{\circ}H$). Nos sucos de uvas provenientes de sistema orgânico de produção houve incremento do ângulo de tonalidade e luminosidade. A luz ultravioleta pode afetar as duplas ligações das antocianinas e levar à degradação, possibilitando a sua descoloração (FRANCIS, 2000). Isto pode ser percebido pelo aumento dos valores de luminosidade dos sucos submetidos à radiação UV-C.

5 Conclusão

Sucos elaborados com uvas, cv. Concord, oriundas de sistema de produção orgânico, apresentam teores de compostos bioativos e atividade antioxidante similares aos sucos processados com uvas de sistema convencional. A aplicação da radiação UV-C nas uvas após a colheita resultou em sucos com maior teor de compostos bioativos. No entanto, esse tratamento pós-colheita atua de forma diferenciada na síntese desses compostos dependendo do sistema de produção da uva, ou seja, no caso da uva orgânica a resposta pode estar correlacionada aos fatores de equilíbrio existentes no cultivo.

6 Agradecimentos

À UTFPR, Fundação Araucária, ao CNPq e à Fapergs pelo aporte financeiro.

7 Referências

ABE, L. T.; MOTA, R. V. DA ; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenolicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca L.* e *Vitis vinifera L.* **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.

ABIR. Consumo de suco cresce no Brasil. Disponível em: <http://abir.org.br/2010/12/29/consumo-de-sucos-de-2002-a-2009/>. Acesso em: outubro de 2013.

A.O.A.C. (2000). Official Methods of analysis. 14thed. **Association of Official Analytical Chemists**. Washington, D.C., USA.

BAUTISTA-ORTÍN, A. B.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ J. I.; LÓPEZ-ROCA J. M.; GÓMEZ-PLAZA, E. The effects of enological practices in anthocyanins, phenolic compounds and wine color and their dependence on grape characteristics. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, p. 546-552, 2007.

BERTAGNOLLI, S. M. M.; ROSSATO, S. B.; SILVA, V. L.; CERVO, T.; SAUTTER, C. K.; HECKTHEUER; PENNA, G. P. Influência da maceração carbônica e da irradiação ultravioleta nos níveis de trans-resveratrol em vinhos de uva carbernet sauvignon. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n., 2007.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, n. 1, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº. 55 de 27 de julho de 2004. Dispõe sobre Normas referentes à complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e dos derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da União**. Brasília: 30 de julho de 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. **Vigitel Brasil 2010: vigilância de fatores de**

risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.152 p.

CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: a new “functional” fruit? **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 5052-5058, 2001.

CANTOS, E. ESPÍN, J. C.; FERNÁNDEZ, M. J.; OLIVA, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Postharvest UV-C irradiated grapes as a potential source for producing stilbene enriched red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.1208-1214, 2003.

CAMINITI, I.; PALGAN, I.; MUÑOZ, A.; NOCI, F.; WHYTE, P.; MORGAN, D.; LYNG, J. The effect of ultraviolet light on microbial inactivation and quality attributes of apple juice. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, n.2, p.680-686, 2012.

CORRALES, M.; FERNANDEZ, A.; PINTO, M. G. V.; BUTZ, P.; FRANZ, C. M. A. P.; SCHUELE, E.; TUASCHER, B. Characterization of phenolic content, in vitro biological activity, and pesticide loads of extracts from White grape skins from organic and conventional cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, p. 3471-3476, 2010.

DANI, C. **Avaliação nutricional, antioxidante, mutagênica e antimutagênica de sucos de uva orgânicos e convencionais.** 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

DANI, C.; OLIBONI, L. S.; VANDERLINDE, R.; BONATTO, D. SALVADOR, M. HENRIQUES, J. A. P. Phenolic content and antioxidant activities of White and purple juices manufactured with organically- or conventionally- produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, 45, p. 2574-2580, 2007.

FENG, M.; GHAFOR, K.; SEO, B.; YANG, K.; PARK, J. Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon®-coil on microbial populations and physic-chemical characteristics of watermelon juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.19, p.133-139, 2013.

FRANCIS, F.J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. **Cereal Foods World**, v. 45, p. 208-213, 2000.

FREITAS, A. A.; DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, C. C. Determinação de resveratrol e características químicas em sucos de uvas produzidas em sistemas orgânico e convencional. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.001-005, 2010.

GONZÁLEZ- BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M.L; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p. 374-382, 2009.

HAAS, L. I. R. **Caracterização e estudo de compostos em sucos e blends de uvas americanas produzidas em Pelotas – RS**. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

IACOPINI, P.; BALDI, M.; STORCHI, P.; SEBASTIANI, L. Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and reveratrol in red grape: content, *in vitro* antioxidant activity and interactions. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p.589-598, 2008.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.88, n. 5, p.1269-1278, 2005.

KYLE, J. A. M.; DUTHIE, G. G. Flavonoids in foods. In: ANDERSEN, O. M.; MARKHAM, K. R. **Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2006, 1130p.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p. 659-664, 2005.

MULERO, J.; PARDO, F.; ZAFRILLA, P. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, p.569-574, 2010.

NOCI, F.; RIENER, J.; WALKLING-RIBEIRO, M.; CRONIN, D. A.; MORGAN, D.J.; LYNG, J. G. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple Juice. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n.1, 141–146, 2008.

OCHOA-VELASCO, C. E.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A. Ultraviolet-C light effect on Pitaya (*Stenocereus griseus*) juice. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 2, p.60-70, 2012.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIN, I. B.; GOULART, M. O. F.; SIVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p.689-702, 2009.

ORMOND, J. G. P.; LIMA DE PAULA, S. R.; FAVERET FILHO, P.; MARIA DA ROCHA, L. T. Agricultura Orgânica: quando o passado é futuro. **Revista BNDES Setorial**, n.15, p.03-34, 2002.

PALA, C. U.; TOCLUKU, A. K. Effect of UV-C light on anthocyanin and other quality parameters of pomegranate juice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, n.6, p.790-795, 2011.

PALA, C. U.; TOKLUCU, A. K. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p.719-725, 2013.

PAN, Q.; WANG, L.; LI, J. Amounts and subcellular localization of stilbene synthase in response of grape berries to UV irradiation. **Plant Science**, 176, p. 360-366, 2009.

PINHEIRO, E. S.; COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E.; MACHADO, P.H.S.; MAIA, G. A. Estabilidade físico-química e mineral do suco de uva obtido por extração a vapor. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p 373-380, 2009.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, p. 19-24, 2013.

RIZZON, L. A.; LINK, R. M. Composição do suco de uva caseiro de diferentes cultivares. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.689-692, 2006.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. **Suco de uva**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, 45p.

RIZZON, L.A; MANFROI, V; MENEGUZZO, J. **Elaboração de suco de uva na propriedade vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1998, 24p. (Documento 21).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2006, 4p. (Comunicado Técnico 125).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2007, 4p. (Comunicado Técnico 127).

SANTANA, M. T. A.; SIQUEIRA, H. H.; REIS, K. C.; LIMA, L. C. O.; SILVA, R. J. L. Caracterização de diferentes marcas de sucos de uva comercializados em duas regiões do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 882-886, 2008.

SAUTTER, C. K. **Avaliação da presença de resveratrol em suco de uva**. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. J. R. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p.144-58, 1965.

STATSOFT- **Statistica**. Tulsa: Statsoft, 2005, software version 7.0.

VIAN, M.A.; TOMAO, V.; COULOMB, P.O.; LACOMBE, J. M.; DANGLES, O. Comparison of the anthocyanin composition during ripening of Syrah grapes grown using organic and conventional agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.5230-5235, 2006.

ZHANG, Y.; HU, X.S.; CHEN, F.; WU, J. H.; LIAO, X. J., WANG, Z. F.. Stability and color characteristics of PEF treated cyaniding-3-glicoside during storage. **Food Chemistry**, v. 106, p. 669-679, 2008.

Considerações finais

Levando em consideração as hipóteses formuladas neste trabalho para uva (*Vitis labrusca*, cv. Concord), pode-se afirmar que:

A produção orgânica, que inclui práticas que estimulam mecanismos de defesa das plantas, proporcionou maior síntese e acúmulo de compostos fenólicos totais, taninos totais e quercetina na uva, comparativamente ao sistema de produção convencional.

A aplicação da radiação UV-C após a colheita da uva estimula a síntese de compostos bioativos.

O maior acúmulo de compostos bioativos decorrente da aplicação da radiação UV-C está correlacionado ao maior acúmulo de transcritos de genes da via de biossíntese desses compostos.

Sucos elaborados com uvas oriundas de produção orgânica contêm teor de compostos bioativos similares àqueles produzidos com uvas de sistema de produção convencional, sendo que a aplicação da radiação UV-C nessas uvas resultou em sucos com maior teor de compostos bioativos.

Referências

ABE, L. T.; MOTA, R. V. DA ; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenolicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitislabrusca L.* e *Vitisvinifera L.* **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.394-400, 2007.

ALONSO BORBALAN, A.M.; ZORRO, L.; GUILLEN, D.A.; BARROSO, C.G. Study of the polyphenol content of red and white grape varieties by liquid chromatography-mass spectroscopy and its relationship to antioxidant power. **Journal of Chromatography**, v.1012, p.31–38, 2003.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p.512-516, 2009.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.232-240, 2007.

ASAMI, D. K.; HONG, Y.; BARRET, D. M.; MITCHELL, A. E. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marion berry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p.1237-1241, 2003.

BEHLING, E.; SENDÃO, M.; FRANCESCATO, H.; ANTUNES, L.; BIANCHI, M. Flavonóide quercetina: Aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, v.15,n.3, p.285-292, 2004.

BENATO, E. A. Colheita, manuseio e conservação de uvas finas de mesa. **Informe Agropecuário**, v.19, n.194, p.96-100, 1998.

BENHAMOU, N. Potential mycoparasite, *Verticilliumlecanii*, to protect citrus fruit against *Penicillium digitatum*, the causal agent of green mold: a comparison with the effect of chitosan. **Phytopathology**, v.94, n.7, p.693-705, 2004.

BERTAGNOLLI, S. M. M.; ROSSATO, S. B.; SILVA, V. L.; CERVO, T.; SAUTTER, C. K.; HECKTHEUER, L. H.; PENNA, N. G. Influência da maceração carbônica e da irradiação ultravioleta nos níveis de *trans*-resveratrol em vinhos de uva cabernet sauvignon. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.43, n.1, p.71-77, 2007.

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

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.637-645, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº. 55 de 27 de julho de 2004. Dispõe sobre Normas referentes à complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e dos derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da União**. Brasília: 30 de julho de 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 1008 p.

BRISDELLI, F.; D'ANDREA, G.; BOZZI, A. Resveratrol: a natural polyphenol with multiple chemopreventive properties. **Current Drug Metabolism**, v.10, n.6, p.530-546, 2009.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. **Embrapa uva e vinho: novas cultivares brasileiras de uva**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010, 64p.

CANTOS, E.; GARCIA-VIGUERA, C.; PASCUAL-TERESA, S.; TOMAS-BARBERAN, F.A. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.4606-4612, 2000.

CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: a new “functional” fruit? **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v.49, n.10, p.5052-5058, 2001.

CARDOSO, P.; TOMAZINI, A. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT’ANA, H. M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grow in Brazil. **Food Chemistry**, v.126, p.411-416, 2011.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010, 1104p.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 3 ed. São Paulo: Globo, 1991, 215p.

CHOU, E. J.; KEEVIL, J. G.; AESCHLIMAN, S.; WIEBE, D. A.; FOLTS, J. D.; STEIN, J. H. Effect of ingestion of purple grape juice on endothelial function in patients with coronary heart disease. **American Journal of Cardiology**, v.88, p.553-555, 2001.

COXAM, W. New advances in osteoporosis nutritional prevention. **Medicine Sciences**, v.21, n.3, p.297-301, 2005.

DANI, C. **Avaliação nutricional, antioxidante, mutagênica e antimutagênica de sucos de uva orgânicos e convencionais**. 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

DANI, C.; OLIBONI, L.S.; VANDERLINDE, R.; BONATTO, D.; SALVADOR, M.; HENRIQUES, J. A.P. Phenolic content and antioxidant activities of White and purple juices manufactured with organically- or conventionally- produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, v.45, p.2574-2580, 2007.

DÁVALOS, A.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. **Food Chemistry**, v.93, p.325-330, 2005.

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

ELISIA, I.; HU, C.; POPOVICH, D. G.; KITTS, D. D. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.1052-1058, 2007.

FALCÃO, A. P.; CHAVES, E. S.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R.; FALCÃO, D. L.; BORDIGNON-LUIZ T. Índice de polifenóis, antocianinas totais e atividade antioxidante de um sistema modelo de geleia de uvas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.637-642, 2007.

FALGUERA, V.; PAGÁN, J.; GARZA, S.; GARVÍN, A.; IBARZ, A. Ultraviolet processing of liquid food: a review. Part 2: effects on microorganisms and on food components and properties. **Food Research International**, v.44, p.1580-1588, 2011.

FERNÁNDEZ-MAR; M. I.; MATEOS, R.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; PUERTAS, B.; CANTOS-VILLAR, E. Bioactive compounds in wine: resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: a review. **Food Chemistry**, v.130, p. 797-813, 2012.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.43, n.1, p. 61-68, 1997.

FREITAS, A. A.; DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, C. C. Determinação de resveratrol e características químicas em sucos de uvas produzidas em sistemas orgânico e convencional. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.001-005, 2010.

GIADA, M. L. R.; FILHO, J. M. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.12, n.4, p. 7-15, 2006.

GIOVANINNI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. Bento Gonçalves: IFRS, 2009, 344p.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; ZAVALA-GATICA, R.; TIZNA DO-HERNÁNDEZ, M. E. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v.45, n.1, p.108-116, 2007.

GONZÁLES-BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p. 374-382, 2009.

GRINDER-PEDERSEN, L.; RASMUSSEN, S.E.; BUGEL, S.; JORGENSEN, L.V.; DRAGSTED, L.O.; GUNDERSEN, V.; SANDSTRÖM, B. Effect of diets based on foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 5671-5676, 2003.

GUERRERO, R. F.; PUERTAS, B.; FERNÁNDEZ, M. I.; PALMA, M.; CANTOS-VIOLLAR, E. Induction of stilbenes in grapes by UV-C: comparison of different subspecies of *Vitis*. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11,p.231-238, 2010.

HALL, D.; YUAN, X. X.; MURATA, J.; DE LUCA, V. Molecular cloning and biochemical characterization of the UDP-glucose: Flavonoid 3-O-glucosyltransferase from Concord grape (*Vitis labrusca*). **Phytochemistry**, v. 74, p.90-99, 2012.

HOGAN, S.; ZHANG, L.; LI, J.; SUN, S.; CANNING, C.; ZHOU, K. Antioxidant rich grape pomace extract suppresses postprandial hyperglycemia in diabetic mice by specifically inhibiting alpha-glucosidase. **Nutrition & Metabolism**, v.7, p.71, 2010.

HOLLMAN, P. C. H. Evidence for health benefits of plant phenols: local or systemic effects? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.842-852, 2001.

KEEVIL, J. G.; OSMAN, H. E.; REED, J. D.; FOLTS, J. D. Grape juice, but not orange juice or grape fruit juice, inhibits human platelet aggregation. **Journal of Nutrition**, v.130, p.53-56, 2000.

KOUTCHMA, T. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. **Food and Bioprocess Technology**, v.2, p.138-155, 2009.

KUHN, G. B. **Uvas para processamento: produção**. Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves, RS) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 134p.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1283-1287, 2006.

LI, X.; ZHENG, X. YAN; S.; LI, S. Effects of salicylic acid (AS), ultraviolet radiation (UV-B and UV-C) on trans-resveratrol inducement in the skin of harvested grape berries. **Frontiers of Agriculture in China**, v. 2, n. 1, p. 77-81, 2008.

LIMA, V., L., A., G.; GUERRA, N., B. Antocianinas: Atividade Antioxidante e Biodisponibilidade. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.37, p.121-128, 2003.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; LUCARINI, M.; LANZI, S.; AGUZZI, A.; CAPELLONI, M. Nutrients and antioxidant molecules in yellow pluma (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 90-94, 2004.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.24, n.1, p.59-82, 2006.

MALGARIM, M. B.; TIBOLA, C. S.; FERRI, V. C.; ZAICOVSK, C. B.; MANFROI, V. Características de qualidade do vinho Bordô elaborado com diferentes processos de vinificação e períodos de maceração. **Acta Scientiarum Technology**, v.28, n.2, p.199-204,2006.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.22, n.2, p.233-252, 2004.

MATSUDA, H.; KOGAMI, Y.; NAKAMURA, S.; SUGIYAMA, T.; UENO, T.; YOSHIKAWA, M. Structural requirements of flavonoids for the adipogenesis of 3T3-L1 cells. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 19, n.9, p.2835-2841, 2011.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.36, p.1-11, 2002.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIN, I. B.; GOULART, M. O. F.; SIVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p.689-702, 2009.

OLIVEIRA, T. T.; SILVAM R. R.; DORNAS, W. C.; NAGEM, T. Flavonóides e Aterosclerose. **RBAC**, v. 42, n. 1, p.49-54, 2010.

OUGH, C. S. **Tratado básico de enología**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1996, 294p.

PALA, C. U.; TOKLUCU, A. K. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p.719-725, 2013.

PAN, Q.; WANG, L.; LI, J. Amounts and subcellular localization of stilbene synthase in response of grape berries to UV irradiation. **Plant Science**, v.176, p. 360-366, 2009.

PARKER, T. L.; WANG, X. H.; PAZMIÑO, J.; ENGESETH, N. J. Antioxidant capacity and phenolic content of grapes, sun-dried raisins, and golden raisins and their effect on ex vivo serum antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.8472-8477, 2007.

PEREIRA, C. A. M. Efeito do processamento e estocagem na concentração de substâncias bioativas em alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.28, n.1, p.149-158, 2010.

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Nutrire**, v.34, n.3, p.231-247, 2009.

PICCHI, V.; MIGLIORI, C.; SCALZO, R. L.; CAMPANELLI, G.; FERRARI, V.; CESARE, L.F.D. Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. **Food Chemistry**, v.130, p.501-509, 2012.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B; PIRES, E. J. P. A videira. In: POMMER, C. V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p.37-61.

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling Behavior**, v.6, n.11, p.1720-1731, 2011.

RENAUD, S.; DE LORGERIL, M. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. **Lancet**, v.339, p.1523-1526, 1992.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. **Suco de uva**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, 45p.

RIZZON, L.A; MANFROI, V; MENEGUZZO, J. **Elaboração de suco de uva na propriedade vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1998, 24p. (Documento 21).

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.53-60, 2007.

SAHREEN, S.; KHAN, M. R.; KHAN, R. A. Evaluation of antioxidant activities of various solvent extracts of *Carissa opaca* fruits. **Food Chemistry**, v.122, p.1205-1211, 2010.

SAUTTER, C. K. **Avaliação da presença de resveratrol em suco de uva**. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SEAB - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/>. Acesso em: outubro de 2013.

SHANAFELT, T. D.; LEE, Y. K.; CALL, T. G.; NOWAKOWSKI, G. S.; DINGLI, D.; ZENT, C. S.; KAY, N. E. Clinical effects of oral green tea extracts in four patients with low grade B-cell malignancies. **Leukemia Research**, v. 30, p.707-712, 2006.

SCHMIDT, A.; LI, C.; SHI, F.; JONES, A. D.; PICHERSKY, E. Polymethylated myricetin in trichomes of the wild tomato species *solanum habrochaites* and characterization of Trichome-Specific 3'/5'- and 7/4'- Myricetin O-Methyltransferases. **Plant Physiology**, v. 155, p.1999-2009, 2011.

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

THIS, P.; LACOMBE, T.; THOMAS, M. R. Historical origins and genetic diversity of wine grapes. **Trends in Genetics**, v.22, n.9, p.511-519, 2006.

TŘÍSKA, J.; HOUŠKA, M. Physical methods of resveratrol induction in grapes and grape products - a review. **Czech Journal of Food Sciences**, v.30, n.6, p. 489-502, 2012.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; MOURA, J. B. F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M. da S.; KUBOTA, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química Nova**, v.30, n.5, p.1323-1338, 2007.

VELASCO R.; ZHARKIKH A.; TROGGIO M.; CARTWRIGHT D. A.; CESTARO A.; et al. A High Quality Draft Consensus Sequence of the Genome of a Heterozygous Grapevine Variety. **PLOS ONE**, v. 2, n.12, p.1326-1343, 2007.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.23, n.2, p.141-149, 2008.

XU, Y.; SIMON, J. E.; FERRUZZI, M. G.; HO, L.; PASINETTI, G. M.; WU, Q. Quantification of anthocyanidins in the grapes and grape juice products with acid assisted hydrolysis using LC/MS. **Journal of Functional Foods**, v.4, p.710-717, 2012.

WANG, H.; WANG, W.; ZHANG, P.; PAN, Q.; ZHAN, J.; HUANG, W. Gene transcript accumulation, tissue and subcellular localization of anthocyanidin synthase (ANS) in developing grape berries. **Plant Science**, v.179, p.103-113, 2010.

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010, 1104p.

Apêndices

Apêndice A

Teores de compostos bioativos de uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis (mg.100g ⁻¹ uva) | Tratamentos | | | |
|--|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | Uvas * | | | |
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânica | Orgânica UV-C |
| Compostos fenólicos totais | 400,76 ± 4,80 c B | 422,63 ± 2,77 b A | 487,76 ± 0,00 a A | 491,35 ± 1,81 a A |
| Antocianinas totais | 68,00 ± 0,03 b B | 98,00 ± 0,01 a A | 65,00 ± 0,00 b A | 69,00 ± 0,02 b A |
| Taninos totais | 280,96 ± 5,73 c A | 267,30 ± 3,64 c A | 354,63 ± 4,72 b B | 371,59 ± 7,57a A |
| Antocianinas | | | | |
| Malvidina | 30,84 ± 0,53 c B | 40,11 ± 0,24 a A | 30,67 ± 1,28 c B | 33,15 ± 0,55 b A |
| Delfinidina | 28,31 ± 0,34 b B | 30,46 ± 0,70 a A | 28,30 ± 0,29 b B | 30,26 ± 0,98 a A |
| Cianidina | 0,85 ± 0,74 b B | 10,86 ± 3,93 a A | 1,74 ± 0,45 b A | 0,74 ± 0,65 b A |
| Peonidina | 7,48 ± 0,46 b B | 12,17 ± 0,26 a A | 4,97 ± 0,38c B | 6,86 ± 0,24 b A |
| Flavanóis | | | | |
| Catequina | 16,65 ± 0,88 d B | 21,18 ± 0,26 b A | 18,22 ± 0,30 c B | 23,26 ± 0,56 a A |
| Epicatequina | 31,48 ± 0,61 b B | 39,53 ± 0,52 a A | 30,83 ± 0,55 b B | 40,40 ± 0,58 a A |
| Flavonóis | | | | |
| Quercetina | 0,00± 0,00bB | 1,07± 0,23 a A | 1,02± 0,30 a A | 0,75± 0,07ab A |
| caempferol | 0,00± 0,00bB | 0,00± 0,00bB | 0,00± 0,00bB | 0,55± 0,21 a A |
| Estilbeno (mg. L⁻¹) | | | | |
| <i>trans</i> -resveratrol | 2,0 ± 0,00 b B | 2,0 ± 0,00 b B | 2,0 ± 0,00 b B | 4,68 ± 0,01 a A |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre uvas tratadas ou não com UV-C em cada sistema de produção.

Apêndice B

Teores de compostos bioativos dos sucos produzidos com uvas *Vitis labrusca*, cv. Concord, com e sem tratamento pós-colheita UV-C, provenientes de sistema de produção convencional e orgânico

| Variáveis (mg.100g ⁻¹ suco) | Tratamentos | | | |
|---|------------------|----------------------|------------------|------------------|
| | Sucos* | | | |
| | Convencional | Convencional UV-C | Orgânico | Orgânico UV-C |
| Compostos fenólicos totais | 81,37± 0,24b B | 85,20± 0,37 ab A | 85,20±2,45 ab A | 87,19±0,37 a A |
| Antocianinas totais | 25,00 ± 0,00 b B | 36,00 ± 0,03 a A | 23,00 ± 0,01 b A | 21,00 ± 0,01 b A |
| Antocianinas | | | | |
| Malvidina | 14,70 ± 0,62 b B | 16,97 ± 0,50 a A | 11,50 ± 0,44 c A | 11,17 ± 0,23 c A |
| Delfinidina | 9,43 ± 0,21 b B | 11,70 ± 0,44 a A | 9,10 ± 0,17 b A | 8,67 ± 0,61 b A |
| Cianidina | 0,18 ± 0,15 ab A | 0,47 ± 0,15 a A | 0,06 ± 0,04 c B | 0,37 ± 0,21 ab A |
| Peonidina | 1,60 ± 0,46 b B | 4,43 ± 0,12 a A | 1,47 ± 0,47 b B | 1,20 ± 0,10 b B |
| Flavanóis | | | | |
| Catequina | 9,10 ± 0,53 a A | 10,67 ± 0,42 a A | 8,87 ± 0,25 b A | 10,10 ± 0,17 b A |
| Epicatequina | 16,27 ± 0,95 b A | 17,93 ± 2,08 b A | 15,47 ± 0,74 b B | 17,63 ± 1,06 a A |
| Flavonóis | | | | |
| Quercetina | 0,20 ± 0,10 a A | 0,10 ± 0,10 a A | 0,17 ± 0,15 a A | 0,23 ± 0,06 a A |
| caempferol | 0,00 ± 0,00 a A | 0,00 ± 0,00 a A | 0,00 ± 0,00 a A | 0,10 ± 0,00 a A |
| Estilbeno | | | | |
| <i>trans</i> -resveratrol | 0,53 ± 0,03 a A | 0,50 ± 0,05 a A | 0,47 ± 0,12 a A | 0,53 ± 0,15 a A |
| <i>Cis</i> -resveratrol | 0,53 ± 0,06 b A | 0,63 ± 0,06 b A | 0,60 ± 0,01b B | 1,67 ± 0,06 a A |

*Valores médios (n=3) seguidos do seu desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem à comparação entre todos os tratamentos e letras maiúsculas à comparação entre uvas tratadas ou não com UV-C em cada sistema de produção.