



PAÔLA DE CASTRO HENRIQUE

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV-C) EM
SUCOS DE UVA INTEGRAL**

**LAVRAS – MG
2015**

PAÓLA DE CASTRO HENRIQUE

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA(UV-C) EM SUCOS DE UVA INTEGRAL

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

Coorientador

Dr. Antônio Decarlos Neto

LAVRAS – MG

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Henrique, Paôla De Castro.

Radiação Ultravioleta (UV-C) em sucos de uva Integral / Paôla
Castro Henrique. – Lavras : UFLA, 2015.

110 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador(a): Luiz Carlos de Oliveira Lima.

Bibliografia.

1. Vitis labrusca. 2. Compostos fenólicos. 3. Suco de Uva. 4.
Radiação Ultravioleta. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

PAÔLA DE CASTRO HENRIQUE

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA(UV-C) EM SUCOS DE UVA INTEGRAL

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de dezembro de 2014.

Dr. Antônio Decarlos Neto	UFLA
Dra. Juliana Mesquita Freire	UFLA
Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho	UFLA
Dra. Patrícia de Fátima Pereira Goulart	UNILAVRAS

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima
Orientador

LAVRAS – MG
2015

À minha Mãe (in memoriam),
DEDICO.

Ao meu filho Vitor, minha razão de viver

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo, em todas as etapas do meu caminho.

À minha MÃE Delma, que sempre sonhou em me ver formada.

Ao meu irmão Juninho, pelo carinho, apoio e compreensão.

Ao meu pai Paulo, pelo apoio, incentivo, paciência e amor.

À Graça, pela compreensão, conselhos, incentivo e amor.

Ao meu filho, razão de meu viver, motivo pelo qual cheguei até aqui.

Ao meu esposo, Fábio, pelo amor, apoio e maturidade que tem me passado ao longo desses anos juntos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização da pós-graduação.

Ao meu orientador, professor Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela disponibilidade e boa disposição demonstradas e conhecimentos transmitidos no decorrer do trabalho.

Aos amigos e companheiros de jornada pela amizade, carinho, incentivo, colaboração e valiosas sugestões no desenvolvimento do trabalho.

Às amigas, em especial a Tina e Helô, por todo o auxílio e pela simpatia, sempre constante.

Ao professor Antônio, pela atenção e disponibilidade para que o trabalho fosse desenvolvido com sucesso.

À professora Patrícia, por estar presente em todas as etapas importantes de minha carreira acadêmica, me ajudando a escolher os caminhos certos, através de seus conselhos e experiência transmitida.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento da pesquisa.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a concretização dessa etapa importante da minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de ter meu profundo agradecimento.

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho realizar a caracterização físico-química, e avaliação do efeito da radiação ultravioleta(UV-C) em sucos de uva integral.As cultivares utilizadas foram: Bordô Isabel Precoce, Niágara Rosada e BRS Rúbea. As uvas foram colhidas, sanitizadas, então as bagas foram submetidas à exposição ou não aos raios UV-C, e em seguida destinadas à elaboração de sucos. Foram realizados 2 experimentos com frutos recém-colhidos.Experimento I: cada cultivar foi representada por um grupo controle – sem irradiação – e um grupo irradiado(kJ m^{-2}).Experimento II: utilizando cultivar Isabel Precoce (*Vitislabrusca*),irradiada nas doses 0; 2; 4; e 6 kJ m^{-2} armazenados à temperatura ambiente por 120 dias, sendo as análises realizadas nos dias0, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento. Em ambos os experimentos foram realizadas as seguintes análises: pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT (ratio), cor (L^* , Croma, $^{\circ}\text{Hue}$), fenólicos totais, atividade antioxidante (DPPH e β -caroteno/ácido linoleico), antocianinas totais e vitamina C. Experimento I: a aplicação da radiação UV-C na uva não resulta em alterações nos parâmetro físico-químicos. Já para os sucos das diferentes cultivares,independente da irradiação, os valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável, apresentados pelos sucos, relacionaram-se diretamente com as características físico-químicas das uvas empregadas em sua elaboração.Todas as amostras avaliadas enquadram-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente no que concerne à variável acidez titulável. Nos atributos SS e relação SS/AT, as amostras apresentaram-se fora dos valores preconizados legalmente.As concentrações de fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante se mostraram superiores nos sucos da cultivar bôrdô com relação aos outros sucos analisados. Experimento II:com base nos resultados obtidos e nas condições que foi realizado o experimento, foi verificado que o tratamento UV-C nas uvas, *Vitislabruscav.* Isabel Precoce provoca um estresse abiótico nas frutas, afetando a coloração, parâmetros físico-químicos, vitamina C, porcentagem de proteção contra a oxidação e porcentagem de sequestro de radicais livres. A aplicação da radiação UV-C não resultou em alterações nos teores de antocianinas, nem nos teores de compostos fenólicos totais dos sucos.

Palavras-chave:*Vitislabrusca*. Suco de uva. Radiação ultravioleta.Compostos fenólicos.

ABSTRACT

In this work the objective was to realize the physical-chemical characterization, and effect evaluation of the ultraviolet radiation (UV-C) in juices of integral grape. The cultivars used were: Bordô Isabel Precoce, NiágaraRosada and BRS Rúbea. The grapes were harvested, sanitized, then the berries were subjected to exposure or not to UV-C rays, and then for juice production. Two experiments were carried out with freshly harvested fruits. Experiment I: each cultivar was represented by a control group - without irradiation - and an irradiated group (kJ m^{-2}). Experiment II: using Isabel Precoce cultivar (*Vitislabrusca*), irradiated at doses 0; 2; 4; and 6 kJ m^{-2} stored at room temperature for 120 days and the analysis performed on days 0, 30, 60, 90 and 120 days of storage. In both experiments were performed the following analyzes: pH, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), relation SS/TA (ratio), color (L^* , Chroma, $^{\circ}\text{Hue}$), total phenolics, antioxidant activity (DPPH and β -carotene/linoleic acid), total anthocyanins and vitamin C. Experiment I: the application of UV-C radiation in the grape does not result in changes in the physico-chemical parameter. As for the juices of different cultivars, regardless of irradiation, pH values, total soluble solids and titratable acidity presented by juices, related directly with the physico-chemical characteristics of the grapes used in their preparation. All samples assessed fits within the parameters required by law with respect to the variable titratable acidity. The attributes SS and relation SS/TA, the samples presented outside of the recommended values legally. The concentrations of total phenolics, total anthocyanins and antioxidant activity were higher than in the juices of the cultivar Bôrdo with relation to the other juices analyzed. Experiment II: based on the results obtained and the conditions that the experiment was conducted, it was found that treatment UV-C in grapes, *Vitislabruscav*. Isabel Precoce causes an abiotic stress in fruits, affecting the color, physical-chemical parameters, vitamin C, percentage of protection against oxidation and percentage of scavenging of free radicals. The application of UV-C radiation did not result in changes in anthocyanin content, not the content of total phenolic compounds juices.

Keywords: *Vitislabrusca*. Grape juice. Ultraviolet radiation. Phenolic

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1	Valores médios de L* em sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	49
Tabela 2	Valores médios dos parâmetros cromaticidade (chroma) e tonalidade (°Hue) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	50
Tabela 3	Valores médios de pH de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	51
Tabela 4	Valores médios de Acidez Titulável (% ácido tartárico) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	51
Tabela 5	Valores médios de sólidos solúveis de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	52
Tabela 6	Valores médios da relação SS/AT de sucos de uva integral uva integral não irradiados e irradiados.	53
Tabela 7	Teor de antocianinas totais (mg L ⁻¹) determinado como cianidina 3-glicosídeo de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	54
Tabela 8	Fenólicos totais (mg 100mL ⁻¹) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	55
Tabela 9	Valores médios da atividade antioxidante pelo método DPPH (% SRL) e vitamina C (mg 100 mL ⁻¹) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados.	56

ARTIGO 2

Tabela 1	Tratamentos e doses de irradiação aplicados no experimento.	70
----------	--	----

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1	Estrutura química dos principais ácidos orgânicos da uva	19
Figura 2	Biossíntese de compostos fenólicos	Erro! Indicador não definido.
Figura 3	Espectro eletromagnético.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 4	Mecanismo de proteção das plantas frente radiação UV-C.....	31

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 2

Figura 1	Valores de croma e valores de L* de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em kJ m^{-2}) armazenados por 120 dias.	75
Figura 2	Ângulo Hue de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses (doses em KJ m^{-2}) de radiação UV-C, armazenados por 120 dias....	75
Figura 3	pH e sólidos solúveis de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em KJ m^{-2}) armazenados por 120 dias.....	76
Figura 4	Acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em KJ m^{-2}) armazenados por 120 dias.	79
Figura 5	Antocianinas totais (mg L^{-1}) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em KJ m^{-2}) armazenados por 120 dias.....	81
Figura 6	Atividade antioxidante (% proteção) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (KJ m^{-2}), armazenados por 120 dias.....	83
Figura 7	Atividade antioxidante (%SRL) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de irradiação UV-C (KJ m^{-2}), armazenados por 120 dias.	84
Figura 8	Teor de vitamina C de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (KJ m^{-2}), armazenados por 120 dias.	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CIE	Commission Internationale de Eclairage
cv.	Cultivar
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBRAVIN	Instituto Brasileiro do Vinho
kJ	Quilojoule
kJ m⁻²	Quilojoule por metro quadrado
UV	Radiação ultravioleta
UV-A	Ultravioleta do tipo A.
UV-B	Ultravioleta do tipo B.
UV-C	Ultravioleta do tipo C.
UV-C	Radiação ultravioleta de 100-280 nm
W	Watt
Wm⁻²	Watt por metro quadrado

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO14
2	REFERENCIAL TEÓRICO15
2.1	Produção do suco de uva no Brasil: "Era do suco de uva"15
2.2	Variedades de uva para produção de sucos.....16
2.2.1	Bordô17
2.2.2	Isabel Precoce18
2.2.3	Niágara Rosada18
2.2.4	Uva híbrida: BRS Rúbea19
2.3	Definição e classificação do suco de uva19
2.3.2	Compostos fenólicos21
2.3.2.1	Flavonoides24
2.3.2.2	Não Flavonoides26
2.4	Estresse oxidativo.....28
2.5	Antioxidantes28
2.6	Radiação ultravioleta29
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS41	
ARTIGO 1 Radiação UV-C em sucos de uva integral: aspectos físico-químicos e potencial antioxidante41	
ARTIGO 2 Coloração, parâmetros físico-químicos e potencial antioxidante em sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C65	

1INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças tem apresentado escala crescente decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Esses alimentos contêm propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com a prevenção de doenças. Assim como a uva, o suco de uva constitui uma importante fonte de compostos fenólicos, que são metabólitos secundários, que têm recebido bastante atenção devido ao seu potencial antioxidante. Nos últimos anos, o crescimento pelo interesse em antioxidantes naturais e seu papel na saúde e nutrição humanas tem sido notório.

Uma das condições da viticultura que influenciam o conteúdo desses metabólitos secundários é a irradiação ultravioleta (UV) emitida pelo sol. A incidência dessa radiação nos tecidos de plantas apresenta efeito importante sobre o metabolismo fenólico. A luz UV do tipo C também produz um “*stress*” 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 flavonoides, antocianinas e compostos aromáticos (SAUTTER, 2003).

É amplamente conhecido que a aplicação da radiação UV-C após a colheita de frutos pode agir como agente indutor da síntese e acúmulo de moléculas bioativas, alterando a composição dos frutos, bem como as potenciais propriedades funcionais. Sendo assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar o incremento nos teores de compostos fitoquímicos secundários e as alterações físico-químicas de sucos de uva integral, produzido a partir de uvas *Vitis labrusca*, tratadas com radiação ultravioleta.

2REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção do suco de uva no Brasil: "Era do suco de uva"

No primeiro semestre de 2013, o mercado interno brasileiro registrou que a comercialização de sucos de uva vem mantendo o desempenho positivo dos últimos anos. O maior destaque ficou com os sucos naturais prontos para consumo que ampliaram a comercialização em 42,94%. Esse índice representa um incremento de 9,97 milhões de litros em relação ao primeiro semestre de 2012. O mercado do suco concentrado também vem registrando expansão ano a ano, sendo que, o crescimento foi de 17,22%, com a venda de 2,5 milhões de quilos a mais que no mesmo período do ano anterior (INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO - IBRAVIN, 2012). Em 2013, os sucos de uva 100% naturais para consumo estiveram sempre bem acima da média dos últimos cinco anos, sendo este até agora, o melhor ano de comercialização. Em 2010 foram consumidos 550 milhões de litros de sucos de todos os sabores no Brasil. Desse total, o consumidor levou para casa 152 milhões de litros (27%) de suco de sabor uva, incluindo néctares (com até 50% da fruta) e produtos 100% natural.

Até 1999, o Brasil viveu a “Era do suco de laranja”, mas com um volume de venda baixo, de aproximadamente 100 milhões de litros. Depois dessa data, começou a “Era do sabor”, com outras frutas dominando o mercado. Desde 2005, temos uma alternância de sabores de fruta na liderança do consumo de sucos no País. Em 2005, foi maracujá, depois passou para o pêssego e agora é a uva, podemos estar começando a Era do suco de uva (IBRAVIN, 2012).

A comercialização e produção de suco de uva vêm crescendo anualmente. Em 2007, a comercialização de suco de uva no mercado interno foi de 37.563.837 L. Em 2012 foi de 85.420.226 L, representando um aumento de mais de 127%. A cada ano o crescimento é de aproximadamente

20%. O consumo *per capita* de suco de uva no Brasil é de 4,01 L. Em outros países como no México, o consumo é de 17,3 L, na Europa 35,5 L e nos Estados Unidos em torno de 54,5 L. O consumo nessas regiões evidencia que o suco de uva produzido no Brasil tem potencial de crescimento.

Muitas famílias de agricultores estão buscando agregar valor na produção através da elaboração de suco de uva com equipamentos denominados painelas extratoras por arraste de vapor, que são de fácil utilização e baixo custo de investimento. As painelas extratoras por arraste de vapor tiveram seu primeiro registro concedido pelo MAPA em 1993. Hoje, estima-se que o Rio Grande do Sul possui 125 agroindústrias registradas e 800 famílias envolvidas, que produzem 2.990.000 L de suco ao ano. Ao todo no Brasil são 183 unidades com mais de 1.100 famílias envolvidas (UNIÃO BRASILEIRA DE VITIVINICULTURA - UVIBRA, 2013).

2.2 Variedades de uva para produção de sucos

A principal característica apresentada pelas cultivares para a elaboração de sucos é a preservação do sabor natural da uva após o processamento. A maioria das cultivares *V. vinifera* apresenta sabor neutro após pasteurização, entretanto as cultivares americanas e híbridas mantêm, no suco, o aroma e o sabor foxado, característico da uva *in natura* (LEÃO; SOARES; RODRIGUES, 2009).

Conforme Giovannini (2008), a maior parte da produção nacional é da chamada “uva comum” ou “americana”, pertencente à espécie *Vitis labrusca*. As uvas nomeadas de “finas” ou “europeias” são derivadas de videiras *Vitis vinifera*. Sabe-se que a espécie da uva é um dos fatores determinantes de sua composição físico-química e assim, influencia diretamente atributos sensoriais do produto elaborado.

As cultivares de *Vitislabrusca* embasam a produção de sucos no país. A utilização maciça dos produtos dessa videira deve-se ao fato de fornecerem matéria-prima ideal para a produção de sucos, uma vez que essas uvas não perdem características aromáticas e gustativas depois do processamento industrial, além de serem mais produtivas e resistentes às doenças que afetam essa fruta (CAMARGO; MAIA; NACHTIGAL, 2005; GIOVANNINI, 2008).

Entretanto, com o surgimento de novos polos de viticultura nas regiões tropicais brasileiras, novas variedades de uva vinífera estão sendo empregadas na elaboração do suco. Segundo Sautter et al. (2005), do volume total de uvas destinadas ao processamento de sucos, cerca de 20% são uvas viníferas e 80% são uvas americanas.

Salienta-se que a oferta de sucos elaborados com diferentes variedades de uva é uma condição importante do ponto de vista mercadológico, e atender essa demanda torna-se ainda mais importante quando se considera a atual conjuntura do mercado de sucos brasileiros, que tem investido na promoção e inserção do suco de uva 100% natural no mercado internacional, através de programas coordenados por órgãos de fomento à importação e pelo setor vitivinícola (IBRAVIN, 2011).

2.2.1 Bordô

A cultivar Bordô (*Vitislabrusca*) é conhecida por nomes regionais, 'Bordô' no Rio Grande do Sul e Santa Catarina; 'Terci' no Paraná e 'Folha de Figo' em Minas Gerais. A uva Bordô, sendo uma *Vitislabrusca*, não é cultivada nos países produtores de vinho. Devido a isso, a literatura mundial em relação a essa cultivar e a seus produtos – o suco de uva e o vinho – é praticamente inexistente. Mas, no Brasil não há restrição quanto ao seu cultivo. Mesmo assim, os trabalhos publicados sobre a uva e o vinho Bordô são restritos (ROMBALDI et al., 2004).

2.2.2 Isabel Precoce

Apresenta as características gerais da cultivar Isabel, porém, sua maturação é antecipada em cerca de 35 dias. A redução no ciclo vegetativo se deve ao encurtamento do subperíodo, floração-início da maturação. Foi lançada pela Embrapa Uva e Vinho em 2004, sendo recomendada para cultivo tanto em regiões de clima temperado como sob condições tropicais (CAMARGO, 2004). Seu cultivo vem aumentando a cada ano nas regiões produtoras, onde pela sua precocidade, é uma boa opção para a ampliação do período de produção e processamento de suco e vinho, além de ser uma alternativa de uva preta precoce para o mercado *in natura* (BOLIANI; CORREA; FRACARO, 2008). O ciclo da videira 'Isabel Precoce' em regiões tropicais situa-se entre 100 e 110 dias, variando o comprimento total com a soma térmica de cada local, conforme a época do ano. É uma cultivar vigorosa e fértil, com grande capacidade produtiva. Durante o período de avaliação, no sistema de condução em latada, a produção chegou a 56 ton.ha⁻¹. Contudo, com essa produtividade, a qualidade da uva foi prejudicada, não atingindo a plena maturação e o teor de açúcares desejável (BOLIANI; CORREA; FRACARO, 2008; CAMARGO; MAIA, 2004).

2.2.3 Niágara Rosada

Dentre as cultivares de mesa, a "Niágara Rosada" destaca-se como uma das preferidas do paladar brasileiro, embora classificada como comum. Essa cultivar apresenta sabor característico muito apreciado pelo consumidor, sendo que a polpa desprende-se facilmente da película, quando a baga é pressionada (CAMARGO; MAIA, 2004). A uva 'Niágara Rosada', junto à 'Isabel', são destaques como uvas de mesa comuns. São variedades rústicas menos exigentes

em tratos culturais e, por serem mais tolerantes às doenças fúngicas, estão bem adaptadas às condições de clima úmido (DETONI et al., 2005).

2.2.4 Uva híbrida: BRS Rúbea

A videira BRS Rúbea é uma cultivar de uva comum oriunda do cruzamento Niágara Rosada e Borbô. Apresenta intensa cor violácea e características de aroma e sabor de alta qualidade para suco de uva. Também pode ser usada para a elaboração de vinho tinto para corte com vinhos pouco coloridos da cultivar Isabel. É uma cultivar vigorosa, medianamente produtiva e resistente às principais doenças fúngicas, como antracnose, míldio, oídio e podridões do cacho. Assim como a Bordô, tem baixo potencial glucométrico, ao redor de 15°Brix (CAMARGO; DIAS, 1999).

É uma variedade relativamente rústica menos exigente em tratos culturais e mais tolerantes às doenças fúngicas, estando bem adaptadas às condições de clima úmido.

2.3 Definição e classificação do suco de uva

O suco de uva é definido como uma bebida energética não fermentada, não alcoólica, de cor, aroma e sabor característicos. Segundo exigências legais, deve possuir coloração vinho, rosada ou translúcida, teor mínimo de sólidos solúveis de 14° Brix, acidez total mínima de 0,41% e no máximo 20% de açúcares totais naturais da uva. Se o suco for integral, deve estar em sua concentração natural, sem adição de açúcares (BRASIL, 2000, 2009).

Quanto à composição química, o suco de uva apresenta, além da água, elevados teores de açúcares e ácidos orgânicos, que são os responsáveis por seu sabor característico. Além desses compostos, possui ainda minerais (potássio,

cálcio, ferro, cobre, entre outros) e compostos fenólicos, os quais estão relacionados a efeitos benéficos à saúde, além de serem responsáveis pela cor, adstringência e estrutura (NATIVIDADE et al., 2010; RIZZON; LINK, 2006; SANTANA et al., 2008). Tecchio, Miele e Rizzon(2007) considera as relações sólidos solúveis/acidez total, frutose/glicose, bem como os teores combinados de taninos, ácidos totais, ésteres voláteis totais, antranilato de metila, potássio e cor a 520 nm como elementos de qualificação para a obtenção de um bom suco de uva.

Assim como os açúcares, os ácidos orgânicos presentes no suco de uva também contribuem para sua qualidade sensorial, pois conferem um pH mais baixo à bebida e asseguram um equilíbrio entre os sabores doce e ácido, o que confere uma palatabilidade apreciada (GURAK et al., 2010).

Conforme Mato, Suárez-Luque e Huidobro (2005) e Rizzon e Link (2006), no suco de uva predominam os ácidos tartárico e málico, enquanto que os ácidos succínico e cítrico estão presentes em menores proporções (Figura 1).

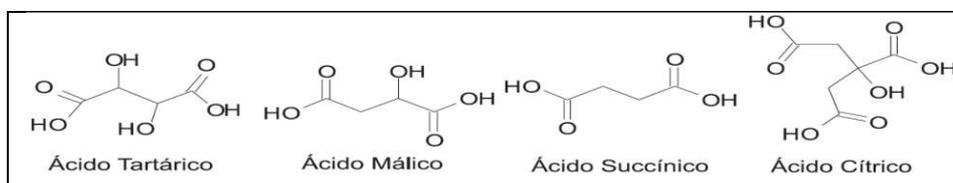


Figura 1 Estrutura química dos principais ácidos orgânicos da uva

Fonte: Adaptado de Lima (2010)

Quanto ao processamento e constituição, o suco pode ser classificado em suco de uva simples ou integral, reprocessado adoçado, reconstituído, concentrado ou desidratado.

A composição química do suco de uva depende essencialmente da variedade de origem, da maturação, da variação climática e dos tratamentos a que o produto é submetido (MARZAROTTO, 2005). É também influenciada pela tecnologia de elaboração utilizada, principalmente pelo tempo e temperatura de

extração (CABRERA et al., 2005; FRANKEL et al., 1998; RIZZON; MANFROI; MENEGUZZO, 1998). Além da água, o suco de uva possui um elevado teor de açúcares. A acidez volátil é constituída pelo conjunto dos ácidos graxos da série acética presente nas uvas ou provenientes do processamento (CURVELO-GARCIA, 1988). Entre os elementos minerais, destacam-se o elevado teor de potássio, cálcio, magnésio e fósforo e o baixo teor de sódio, manganês, ferro, cobre, zinco, lítio e rubídio (RIZZON; MIELE, 1995).

Encontram-se também compostos fenólicos responsáveis pela cor e adstringência, sendo os mais importantes as antocianinas, os taninos e os ácidos fenólicos (MIELE et al., 1990). Os compostos fenólicos são substâncias encontradas em frutas, verduras e bebidas. A quantidade e a qualidade desses compostos nos sucos dependem principalmente da variedade, clima, solo e práticas de cultivo (CASTELLARI et al., 2002; LANDRAULT et al., 2002; SZENDE et al., 2000; WATERHOUSE, 2002). Os principais compostos fenólicos presentes na uva são os flavonoides (antocianinas, flavanóis e flavonóis), os estilbenos (resveratrol) e os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos cinâmicos e benzoicos).

2.3.2 Compostos fenólicos

Compostos fenólicos ou polifenóis são substâncias de origem vegetal, formadas por conjuntos heterogêneos de grupos benzênicos característicos, ligados a hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999).

Uvas e vinhos são grandes fontes de compostos fenólicos, porém a grande diversidade fenólica entre cultivares resulta em uvas e vinhos com diferentes características (BURIN et al., 2011; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). A composição fenólica de uvas e vinhos depende de muitas condições como safra, maturação, clima, solo, técnicas de plantio, vinificação e extração

empregadas (CHIRA et al., 2009; LORRAIN; CHIRA; RIBÉREAU-GAYON,2006; TEISSEDE; LANDRAULT, 2000; ZHU-MEY et al., 2010).

Os compostos fenólicos do suco podem ser classificados em dois grandes grupos: os compostos não flavonoídicos (ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzoico, seus derivados e estilbenos, entre eles o resveratrol) e compostos flavonoídicos (antocianinas, flavonóis, flavonas e flavanóis). (BURIN et al., 2011; RIBÉREAU-GAYON et al.,2006).

Gosto, sabor, cor e adstringência são atributos importantes que definem a qualidade de um suco. Os polifenóis são um dos grupos de substâncias mais importantes em sucos, pois contribuem para tais características organolépticas (ABE et al., 2007; BURIN et al., 2011; PUÉRTOLAS et al., 2010; RIBÉREAU-GAYON et al.,2006; ZHU-MEY et al., 2010).

A biossíntese dos compostos fenólicos (Figura 2) pode ocorrer por meio de diferentes rotas metabólicas, como a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido mevalônico, sendo a última de maior relevância no metabolismo de microrganismos e pouca significância no metabolismo de vegetais. A rota do ácido chiquímico converte intermediários da glicólise (ácido fosfenolpirúvico) e da via das pentoses fosfato (eritrose-4-fosfato) em aminoácidos aromáticos, sendo essa via regulada pela enzima fenilalanina amônia liase. Os compostos fenólicossintetizados podem estar na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas, podendo ser moléculas simples ou compostos com alto grau de polimerização (ÂNGELO; JORGE, 2007).

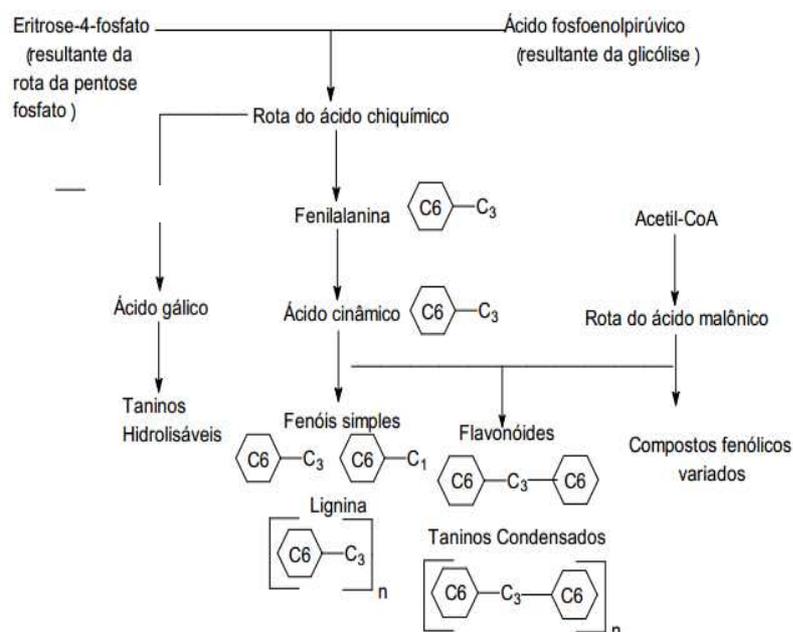


Figura 2 Biossíntese de compostos fenólicos

Fonte: Taiz e Zeiger (2004)

A quantidade e a composição dos compostos fenólicos nas uvas podem variar de acordo com diferentes fatores, a saber: espécie da videira, variedade da uva, maturidade das bagas, condições climáticas, práticas de viticultura, região de cultivo, contato com insetos e microrganismos, exposição à luz ultravioleta e utilização de fertilizantes e pesticidas (ASAMI et al., 2003; SIRIWOHARN et al., 2004).

Os inúmeros fatores que condicionam a síntese de compostos fenólicos, bem como as diferentes vias pelas quais a síntese pode acontecer, justificam a heterogeneidade química desse grupo. Dessa forma, Abe et al. (2007) reportam que os compostos fenólicos são normalmente divididos em dois grupos: flavonoides e não flavonoides.

2.3.2.1 Flavonoides

Os flavonoides constituem o maior grupo de compostos fenólicos, com mais de 5000 moléculas descritas. A estrutura química básica dos flavonoides, que possuem em comum o fato de serem formados por dois anéis aromáticos (A e B), unidos por um anel heterocíclico oxigenado, nomeado de anel C (ROSS; KASUM, 2002; WOLFE; LIU, 2008).

A biossíntese de flavonoides pela videira é extremamente influenciada pela luz solar recebida durante seu cultivo (CASTILLO-MUÑOZ et al., 2009). Makris, Kallithraka e Kefalas (2006) relatam que uvas mais expostas à luz solar e temperatura mais elevadas podem apresentar teores de flavonóis até dez vezes superiores do que os mesmos frutos cultivados em condições de sombreamento.

Ângelo e Jorge (2007) sugerem uma subdivisão do grupo dos flavonoides em mais 6 classes, de acordo com o grau de hidrogenação e variações do anel C: flavonóis, flavanóis (ou catequinas), flavonas, flavanonas, antocianinas e isoflavonoides. Porém, em uvas, os flavonoides majoritários estão inseridos em três classes: flavonóis, flavanóis e antocianinas (ABE et al., 2007).

Na classe dos flavonóis, os principais constituintes estudados são: quercetina, miricetina e caempferol (ABE et al., 2007). Geralmente, em uvas da variedade *Vitis vinífera* predomina o caempferol e nas *Vitis labrusca*, a quercetina (JACKSON, 1994).

Além de estarem envolvidos na definição da coloração de derivados da uva (pois atuam como copigmentos junto às antocianinas), os flavonóis são largamente estudados em função de sua atividade antioxidante, que confere um efeito protetor às diversas desordens patológicas (IACOPINI et al., 2008; NIJVELDT et al., 2001).

Nas uvas, os flavonóis geralmente encontram-se conjugados com glicosídeos e ocasionalmente na forma de agliconas. Os flavonoides de maior

ocorrência em uvas possuem o glicosídeo ligado ao carbono 3, sendo que a glicose é o monossacarídeo mais encontrado, embora alguns flavonoides possam se associar a outros açúcares, como galactose, glicoronídeo, xilose e arabinose (CASTILLO-MUÑOZ et al., 2009; MAKRIS; KALLITHRAKA; KEFALAS, 2006).

Nos vinhos, predominam os flavonóis na forma de agliconas, uma vez que muitos fenólicos glicosilados sofrem hidrólise ácida durante as etapas de vinificação e envelhecimento (CASTILLO-MUÑOZ et al., 2009). Vale ressaltar que os flavonoides glicosilados possuem uma solubilidade maior e por isso são mais facilmente absorvidos pelo organismo humano (SOUZA, 2008). Essa evidência reforça a adequação do consumo de suco de uva, em detrimento ao vinho.

Na classe dos flavanóis, também denominados de flavan-3-óis, catequina e epicatequina são os principais compostos encontrados em sucos de uva. Esses estão presentes em abundância nas sementes e exercem influência sobre o sabor e adstringência (ABE et al., 2007).

A terceira subclasse de flavonoides são as antocianinas, que amplamente distribuídas no reino vegetal, responsáveis pela pigmentação de flores e frutos, conferindo nuances arroxeadas, alaranjadas, azuladas e avermelhadas (MUÑOZ-ESPADA et al., 2004).

Em uvas, as antocianinas geralmente ocorrem como glicosídeos, uma vez que os açúcares conferem maior estabilidade à molécula. Podem estar associadas às moléculas de glicose, galactose, rramnose, xilose ou arabinose. Quando presentes na forma de agliconas, as antocianinas são denominadas de antocianidinas (LEE; RENNAKER; WROLSTAD, 2008; WANG; STONER, 2008).

A associação da estrutura de anéis descrita acima com glicosídeos origina as antocianinas, sendo que os carbonos 3 e 5 são os principais sítios de ligação. Lee, Rennaker e Wrolstad (2008) também indicam a possibilidade de ocorrer reações de acilação entre os açúcares e alguns ácidos cinâmicos e alifáticos.

No suco de uva, Malacrida e Mota (2006) relatam que as antocianinas presentes apresentam-se na forma de mono e diglicosídeos, figurando praticamente o mesmo perfil antociânico das uvas frescas. Conforme essas autoras, cianidina-3-glicosídeo e delphinidina-3-glicosídeo são as antocianinas majoritárias nessa bebida. Porém, Munõz-Espada et al. (2004) sugerem que a malvidina seja o composto predominante em uvas. Acredita-se que essa divergência possa ser decorrente da cultivar de uva em questão. Assim, as diferenças relatadas é um fator que estimula a realização de estudos que investiguem a influência da cultivar de uva no perfil antociânico dos produtos derivados de uma região de cultivo de uva específico.

Além de possuírem uma importância bastante pronunciada na coloração das uvas, as antocianinas são igualmente exaltadas por ainda possuírem uma notória atividade antioxidante (MANACH et al., 2005; MUÑOZ-ESPADA et al., 2004). Estudos epidemiológicos de Wang e Stoner (2007) associam o consumo de antocianinas com a redução do risco de doenças cardiovasculares e neurológicas, diabetes e também foram positivas no tratamento e prevenção de câncer.

2.3.2.2 Não Flavonoides

Na classe dos fenólicos não flavonoides, estão inseridos os ácidos fenólicos, representados pelos ácidos hidroxibenzoicos e ácidos hidroxicinâmicos. São os componentes não flavonoides mais abundantes em uvas e, nos sucos, podem apresentar teores altamente variáveis (de traços a 430mg.L^{-1}). Sobre suas funções na uva, os ácidos fenólicos são precursores de compostos voláteis, podem estar envolvidos em reações de escurecimento e possuem atividade antimicrobiana e antioxidante (FERRANDINO; GUIDONI, 2010). Em produtos derivados de

uvas brancas, Abe et al. (2007) sinalizam que esses compostos são um dos principais determinantes do aroma e do sabor.

Os estilbenos formam outra classe de compostos fenólicos não flavonoides, definidos como fitoalexinas de baixo peso molecular, sintetizados pela videira em resposta a condições de estresse fisiológico, como infecção microbiana, dano mecânico e radiação ultravioleta (CARERI et al., 2003).

Por fim, os taninos são o terceiro grupo dos fenólicos não flavonoides, de peso molecular mais elevado, podendo ser constituídos pela união de moléculas de ácido gálico, ácido elágico glicosilado ou proantocianidinas (taninos condensados). Nos alimentos, conferem sensação de adstringência, além de estarem envolvidos em alguns efeitos funcionais (MONTEIRO et al., 2005).

Considerando que a síntese de compostos fenólicos em uvas é controlada, dentre outros fatores, por condições genéticas, sabe-se que cada cultivar de uva apresenta uma composição fenólica peculiar. Assim, a avaliação do perfil fenólico pode ser usada como uma ferramenta de verificação de autenticidade de um produto à base de uva, além de permitir a identificação varietal do mesmo (CASTILLO-MUÑOZ et al., 2009).

Além da influência de fatores genéticos, é importante ressaltar que a composição e a concentração de compostos fenólicos são afetadas pela região em que as uvas são cultivadas (SIRIWOHARN et al., 2004). Nesse sentido, o manejo da disponibilidade de água é um fator determinante, visto que situações de estresse hídrico devidamente controlado podem favorecer a síntese de polifenóis. Além disso, níveis de insolação maiores (UV radiação), estimulam o metabolismo vegetal a sintetizarem compostos fenólicos (CASTILLO-MUÑOZ et al., 2009; LUCENA et al., 2010; MAKRIS; KALLITHRAKA; KEFALAS, 2006; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010).

2.4 Estresse oxidativo

O termo radical livre é definido como qualquer átomo ou molécula que apresente um ou mais elétrons não pareados em sua órbita externa, sendo que um elétron não pareado é aquele que ocupa um orbital atômico ou molecular isoladamente. Essa configuração faz dos radicais livres moléculas altamente instáveis, de meia-vida curta e quimicamente muito reativas (ARAÚJO, 2009; SOUZA, 2008).

Os radicais livres são formados durante os processos fisiológicos de oxidação, ou seja, durante o processo de oxidação do oxigênio, utilizado para converter os nutrientes dos alimentos absorvidos em energia, sendo essa reação produzida no citoplasma, nas mitocôndrias e nas membranas celulares (ARAÚJO, 2009; SOUZA, 2008). Os radicais livres também participam dos processos de fagocitose, de sinalização celular e também estão envolvidos na síntese de algumas proteínas (SOUZA, 2008). Mas, por outro lado, podem provocar reações em cadeia causando danos oxidativos aos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, podendo levar a um grande número de patologias, incluindo o câncer e a arteriosclerose (GONÇALVES, 2008).

2.5 Antioxidantes

Durante o metabolismo celular normal, diversas espécies reativas são produzidas, mas 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 (MELO, 2010; TORRES, 2009).

Os antioxidantes são compostos, que mesmo em baixas concentrações, 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 maléficos ao organismo. Esses mecanismos protetores se

classificam em duas categorias: os enzimáticos como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutatona peroxidase e glutatona redutase, as quais apresentam capacidade para bloquear o início da oxidação; e não enzimáticos como os compostos fenólicos, ácido úrico, glutatona (GSH), ácido ascórbico e carotenoides, que interagem com as EROS (espécies reativas de oxigênio) e são consumidos durante a reação (ARAÚJO, 2009; TORRES, 2009; ZIMMERMANN, 2010).

Os polifenóis, em particular os flavonoides atuam como sequestradores de radicais livres e quelantes de íons metálicos, causando modificações no estado *redox* da célula e desencadeando um conjunto de reações. Esses também podem interagir com receptores e/ou enzimas relacionadas com os sinais de transdução intracelulares (AZEVEDO, 2011; SOUZA, 2008). A atividade antioxidante dos flavonoides depende da sua estrutura química e pode ser determinada através de 5 fatores: reatividade como agente doador de hidrogênios e elétrons; estabilidade do radical flavonil formado; reatividade frente a outros antioxidantes; capacidade de quelar metais de transição e solubilidade e interação com as membranas. De um modo geral, quanto maior o número de hidroxilas, maior a atividade como agente doador de H e elétrons (ALVES et al., 2007).

2.6 Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) é uma radiação eletromagnética compreendida entre os comprimentos de onda da luz visível e dos raios X, mais precisamente entre 100 e 400 nanômetros (nm) (Figura 3). Essa radiação foi dividida em intervalos de acordo com os efeitos biológicos produzidos: UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) e UV-C (100-280 nm) (LEITE, 2009; SAUTTER, 2003; SEVERO, 2009).

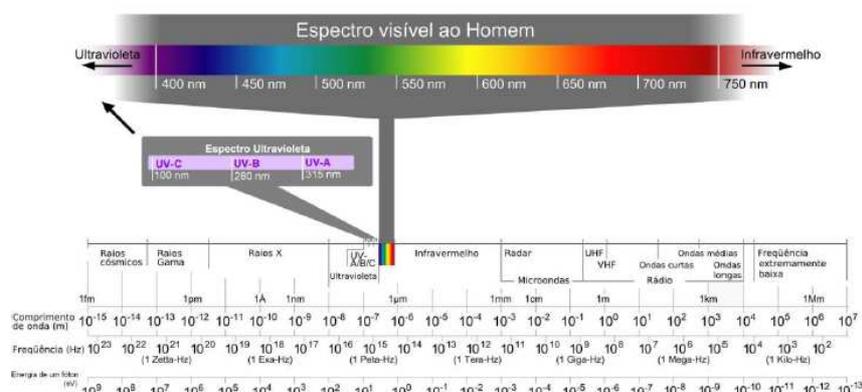


Figura 3 Espectro eletromagnético

Vários estudos vêm demonstrando que a radiação ultravioleta (UV-C), um tipo de radiação nãoionizante, constitui-se em um método de conservação de alimentos (GONZÁLES-AGUILAR et al., 2007; SILVA; ROZA, 2010). Além disso, 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; COSTA, 2010; SEVERO, 2009). Esses 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; COSTA, 2010; TIECHER, 2010).

Estudos comprovaram que a radiação UV-C aumentou significativamente o teor de compostos fenólicos totais em banana e goiaba, à medida que aumentou o tempo de exposição (10, 20 e 30min), em mangas, cv. "Haden", submetida à radiação UV-C por 5 e 10 minutos e em maçãs

(ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009; COSTA, 2010; GONZÁLES-AGUIAR et al., 2007). Já em uvas irradiadas da variedade Isabel e Seibel 10.096, foi observado um considerável aumento na produção de antocianinas e resveratrol (SAUTTER, 2003). A literatura é rica, e em anos recentes é bastante preocupante, pelo aumento da incidência de radiação UV-B induzida pela poluição e redução da camada de ozônio. Existem muitos trabalhos sobre potenciais consequências da irradiação UV-B em plantas, mas ainda são limitados os conhecimentos dos seus efeitos sobre o metabolismo secundário de plantas, mais precisamente sobre compostos fenólicos e voláteis (ADRIANet al., 2000; EICHHOLZ et al., 2011).

Esses compostos ativam sistemas enzimáticos para a produção de fitoalexinas e compostos antioxidantes, para minimizar os danos causados pelo elicitor. Os efeitos horméticos induzidos pela UV-C diferem dos seus efeitos germicidas de uma maneira fundamental: efeitos germicidas são sobre o patógeno, enquanto efeitos horméticos se manifestam no vegetal depois da exposição à irradiação, por um período de horas, dias, ou até semanas conforme a dose aplicada (KOYOMA et al., 2012; RIVERA-PASTRANA et al., 2007; SHAMA, 2007). Hormese é o estímulo de uma resposta positiva por baixas doses de qualquer agente potencialmente nocivo. Um tipo de tratamento pós-colheita com um efeito hormético é o uso de baixas doses de radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), que atua como elicitor, (Figura 4) causando danos que ativam mecanismos de reparo aos efeitos da irradiação, estimulando a uva a produzir fitoalexinas, que são metabólitos secundários produzidos pelas plantas em resposta a esse estresse (GOMEZ et al., 2010; LAMIKANRA; RICHARD; PARKER, 2002).

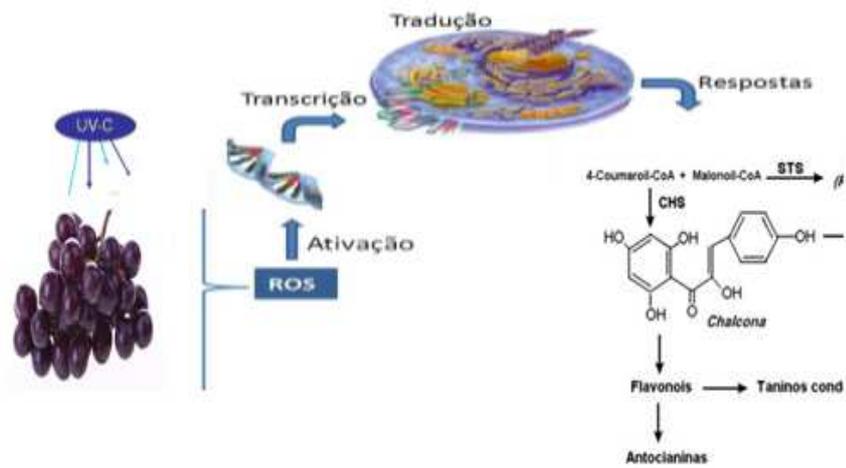


Figura 4 Mecanismo de proteção das plantas frente radiação UV-C

REFERÊNCIAS

- ABE, L. T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, abr./jun. 2007.
- ADRIAN, M. et al. Stilbene content of nature *Vitis vinifera* berries in response to UV-C elicitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, p. 6103-6105, 2000.
- 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**, Amsterdam, v. 10, p. 512-516, 2009.
- ALVES, C. Q. et al. Avaliação da capacidade antioxidante de flavonóides. **Diálogo & Ciência**, Salvador, v. 5, n. 12, p. 1-7, 2007.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 1-9, set. 2007.
- ARAÚJO, P. F. **Antioxidante de néctar de amora-preta (*Rubus* spp.) e sua influência sobre os lipídios séricos, glicose sanguínea e peroxidação lipídica em hamsters (*Mesocricetus auratus*) hipercolesterolêmicos**. 2009. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.
- ASAMI, D. K. et al. Comparison of the total phenolics and ascorbic acid content of the freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 5, p. 1237-1241, Jan. 2003.
- AZEVEDO, M. L. **Perfil fitoquímico, atividades antioxidante e antimicrobiana de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy em diferentes estádios de maturação cultivada em clima temperado**. 2011. 75 p. Tese (Doutorado em Ciência Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- BERTAGNOLLI, S. M. M. et al. Influência da maceração carbônica e da irradiação ultravioleta nos níveis de *trans*-resveratrol em vinhos de uva *Cabernet Sauvignon*. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 33, jan./mar. 2007.

BERTRAND, A. **Recherchessurl'analyse dès vins par chromatographie em phasegaseuse**. 1975. 291f. Tese (Doutorado em Enologia) – Université de Bordeaux II, Bordeaux, 1975.

BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S.; FRACARO, A. A. **Uvas rústicas de mesa: cultivo e processamento em regiões tropicais**. Jales: [s. n.], 2008. 368 p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Aprova os regulamentos técnicos para fixação dos padrões de identidade e para polpa e suco de fruta, conforme consta no anexo II desta instrução normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2000. Seção 1, p. 5-58.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 5 jun. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8918.htm>. Acesso em: 25 jun. 2011.

BURIN, V. M. et al. Cabernet Sauvignon wines from two different clones, characterization and evolution during bottle ageing. **LWT -Food Science and Technology**, London, v. 44, n. 9, p. 1931-1938, 2011.

CAMARGO, U. A.; DIAS, M. F. **BRS Rúbea**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 1999. (Comunicado Técnico, 33).

CAMARGO, A. C.; MAIA, J. D. G. **BRS Cora**: nova cultivar de uva para suco, adaptada a climas tropicais. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 7 p. (Comunicado Técnico, 53).

CAMARGO, A. C.; MAIA, J. D. G.; NACHTIGAL, J. C. **BRS Violeta**: nova cultivar de uva para suco e vinho de mesa. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 8 p. (Comunicado Técnico, 63).

CAMARGO, U. A. **'Isabel Precoce'**: alternativa para a vitivinicultura brasileira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).

CARERI, M. et al. Direct HPLC analysis of quercetin and trans-resveratrol in red wine, grape, and winemaking byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 18, p. 5226-5231, July 2003.

CASTELLARI, M. et al. Analysis of wine phenolics by high performance liquid chromatography using a monolithic type column. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 973, p. 221-227, 2002.

CASTILLO-MUÑOZ, N. et al. Flavonol 3-O-glycosides series of *Vitisvinifera* cv. Petit Verdot red wine grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 1, p. 209-219, Dec. 2009.

CHIRA, K. et al. Grape variety effect on proanthocyanidin composition and sensory perception of skin and seed tannin extracts from Bordeaux wine grapes (Cabernet Sauvignon and Merlot) for two consecutive vintages (2006 and 2007). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 2, p. 545-553, 2009.

COSTA, A. C. **Estudo de conservação de pêssego [Prunuspersica (L.) Bastch]minimamente processado**. 2010. 75f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos)– Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

DETONI, A.M. et al. Uva Niágara Rosada cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 546-552, 2005.

DIFFEY, B. Ultravioletradiationdosimetryandmeasurement. Em: ORTON, C.G. **Radiation Dosimetry Physical and Biological Aspects**. New York: Plenum, 1986. p.243-313.

EICHHOLZ, I. et al. UV-B-Induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vacciniumcorymbosum*, L.). **Food Chemistry**, Kidlington, v. 126, n. 1, p. 60-64, 2011.

FERRANDINO, A.; GUIDONI, S. Anthocyanins, Xavonols and hydroxycinnamates: an attempt to use them to discriminate *Vitisvinifera* L. cv 'Barbera' clones. **EuropeanFoodResearchand Technology**, Berlin, v. 230, n. 3, p. 417-427, 2010.

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

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 3. ed. Porto Alegre: Renascença, 2008.

GOMEZ, P. L. et al. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. **Journal of Food Engineering**, London, v. 98, p. 60–70, 2010.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas nativas e determinação dos teores de compostos flavonoides e vitamina C**. 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A. et al. Improving postharvest quality of mango “Haden” by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 108–116, 2007.

GURAK, P. D. et al. Quality evaluation of grape juice concentrated by reverse osmosis. **Journal of Food Engineering**, London, v. 96, n. 3, p. 421-426, Feb. 2010.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBOLYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure- activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 10, p. 572-584, 2002.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E.A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedicas**, Ciudad de la Habana, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

IACOPINI, P. et al. Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, in vitro antioxidant activity and interactions. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 8, p. 589-598, Dec. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO. **Suco de sabor uva é o mais consumido no Brasil**. Bento Gonçalves, 2011. Disponível em: <http://www.grapejuiceofbrazil.com/interna_noticias.php?id=62>. Acesso em: 24 jun. 2011.

JACKSON, R. S. **Wine Science: principles and applications**. San Diego: Academic, 1994.

KOYOMA, K. et al. Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet. **Phytochemistry**, New York, v. 78, p. 54–64, 2012.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O.A.; PARKER, A. Ultraviolet induced stress response in fresh cut cantaloupe. **Phytochemistry**, New York, v. 60, p. 27-32, 2002.

LANDRAULT, N. et al. Levels of stilbene oligomers and astilbin in french varietal wines and in grapes during noble rot development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 2046-2052, 2002.

LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M.; RODRIGUES, B. L. Principais cultivares. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. 756p.

LEE, J.; RENNAKER, C.; WROLSTAD, R. E. Correlation of two anthocyanin quantification methods: HPLC and spectrophotometric methods. **Food Chemistry**, Kindlington, v. 110, n. 3, p. 782-786, Oct. 2008.

LEITE, T. T. **Tratamento pós-colheita em uvas e seus efeitos em vinhos das variedades Chardonnay e Cabernet Sauvignon**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LIMA, L. L. A. **Caracterização e estudo de estabilização de Vinhos produzidos no Vale do São Francisco**. 2010. 130 p. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

LUCENA, A. P. S. et al. Antioxidant activity and phenolics content of selected Brazilian wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, n. 1, p. 30-36, Feb. 2010.

MAKRIS, D. P.; KALLITHRAKA, S.; KEFALAS, P. Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 5, p. 396-404, Aug. 2006.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em sucos de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, jan./jun. 2006.
MANACH, C. et al. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, n. 1, p. 230-242, Jan. 2005.

MATO, I.; SUÁREZ-LUQUE, S.; HUIDOBRO, J. F. A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines. **Food Research International**, Kidlington, v. 43, n. 10, p. 1175-1188, Dec. 2005.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. 2010. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MONTEIRO, J. M. et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, set./out. 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**, San Diego, v. 23, n. 6, p. 569-574, Sept. 2010.

MUÑOZ-ESPADA, A. C. et al. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch grapes and wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 22, p. 6779-6786, Oct. 2004.

NATIVIDADE, M. M. P. **Desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica de farinhas elaboradas com resíduos da produção de suco de uva**. 2010. 203p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NIJVELDT, R.J. et al. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 74, n. 4, p. 418-425, Oct. 2001.

PUÉRTOLAS, E. et al. Improvement of winemaking process using pulsed electric fields at pilot-plant scale. Evolution of chromatic parameters and phenolic content of Cabernet Sauvignon red wines. **Food Research International**, Essex, v. 43, n. 3, p. 761–766, 2010.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Handbook of enology**. 2nded. New York: J. Wiley and Sons, 2006.

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

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

ROMBALDI, C.V. et al. Produtividade e qualidade de uva, cv. Bordô (Ives), sob dois sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.4, p.519-521, 2004.

ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects and safety. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 22, p. 19-34, July 2002.

SANTANA, M. T. A. Caracterização de diferentes marcas de sucos de uva comercializados em duas regiões do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.3, p.882-886, 2008.

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

SAUTTER, C. K. et al. Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 437-442, jul./set.2005.

SEVERO, J. **Maturação e UV-C na expressão transcricional de genes envolvidos nas rotas metabólicas da parede celular, compostos fenólicos e aromas em morangos**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal e Pelotas, Pelotas, 2009.

SHAMA, G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, p. 1–8, 2007.

SILVA, A. L. F.; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão, **B.CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, jan./jun. 2010.

SIRIWOHARN, T. et al. Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus L. Hybrids*) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 26, p. 8021-8030, Dec. 2004.

SOUZA, J. C. **Atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* de suco de uva e da norbixina**. 2008. 94 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TECCHIO, F. M.; MIELE, A.; RIZZON, L. A. Composição físico-química do vinho Bordô de Flores da Cunha, RS, elaborado com uvas maturadas em condições de baixa precipitação, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, set./out. 2007.

TEISSEDE, P.; LANDRAULT, N. Wine phenolics: contribution to dietary intake and bioavailability. **Food Research International**, Kidlington, v. 33, n. 6, p. 461-467, July 2000.

TIECHER, A. **Efeito da Radiação UV-C na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill.)**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

TORRES, L. H. L. **Efeitos da inalação da fumaça de cigarro no estresse oxidativo no sistema nervosa central de camundongos jovens**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

UNIÃO BRASILEIRA DE VITIVINICULTURA. **Comercialização de vinhos e derivados elaborados no RS de 2008 a 2013: mercado interno e externo, em litros**. 2013. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/pdf/comercializacao2008a2013_mar.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2014.

WANG, L. S.; STONER, G. D. Anthocyanins and their role in cancer prevention. **Cancer Letters**, Kidlington, v. 269, n. 2, p. 281–290, Oct. 2008.

WATERHOUSE, A. Wine phenolics. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 957, p. 21-36, 2002.

WOLFE, K. L.; LIU, R. H. Structure-activity relationships of flavonoids in the cellular antioxidant activity assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 18, p. 8404-8411, Aug. 2008.

ZHU-MEY, X. et al. The effect of vineyard cover crop on main monomeric phenols of grape berry and wine in *Vitis Vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon, **Agricultural Sciences in China**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 440-448, 2010.

ZIMMERMANN, A. L. **Potencial antioxidante de extratos de cevada em ratos submetidos à dieta hipercolesterolêmica**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em

Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 - Radiação UV-C em sucos de uva integral: aspectos físico-químicos e potencial antioxidante

RESUMO

É possível que a radiação UV-C atue como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, induzindo o metabolismo secundário, especialmente pela síntese de compostos fenólicos. O objetivo neste trabalho foi avaliar as alterações físico-químicas e o potencial antioxidante de sucos de uva integral tratados com radiação UV-C. As cultivares utilizadas foram: Bordô Isabel Precoce, Niágara Rosada e BRS Rúbea. As uvas foram colhidas, sanitizadas, então as bagas foram submetidas à exposição ou não aos raios UV-C, e em seguida destinadas à elaboração de sucos. Cada cultivar foi representada por um grupo controle – sem irradiação – e um grupo irradiado. Foram realizadas as seguintes análises: pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT (ratio), cor (L*, Croma, °Hue), compostos fenólicos totais, atividade antioxidante (DPPH e β -caroteno/ácido linoleico), antocianinas totais e vitamina C. Com base nos resultados, foi verificado que o tratamento UV-C nas uvas, *Vitis labrusca*, provoca um estresse abiótico nas frutas, afetando o metabolismo secundário através do aumento apenas da concentração de antocianinas totais, não alterando fenólicos totais, vitamina C, atividade antioxidante (% de proteção e %SRL). A aplicação da radiação UV-C na uva não resulta em alterações nos parâmetros físico-químicos. Todos os sucos avaliados enquadram-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente no que concerne à variável acidez titulável. Nos atributos SS e relação SS/AT, as amostras apresentaram-se fora dos valores preconizados legalmente.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*. Fenólicos. Antocianinas. Compostos funcionais.

ABSTRACT

It is possible that UV-C radiation acts as abiotic stressor by activating defense mechanisms of plant tissues, inducing secondary metabolism, especially for the synthesis of phenolic compounds. The objective in this study was to evaluate the physical-chemical changes and the antioxidant potential of whole grape juices with UV-C radiation. The cultivars used were: Bordô Isabel Precoce, NiágaraRosada and BRS Rúbea. The grapes were harvested, sanitized, then the berries were subjected to exposure or not to UV-C rays, and then for juice production.

Each cultivar was represented by a control group - without irradiation - and an irradiated group. The following analyzes were performed: pH, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), relation SS/TA (ratio), color (L*, Chroma, °Hue), total phenolic compounds, antioxidant activity (DPPH and β -carotene/linoleic acid), total anthocyanins and vitamin C. Based on the results, it was found that treatment UV-C in grapes, *Vitislabrusca*, causes an abiotic stress in fruits, affecting the secondary metabolism by increasing only the concentration of anthocyanins, not changing total phenolics, vitamin C, antioxidant activity (% protection and %SRL). The application of UV-C radiation in the grape does not result in changes in physical-chemical parameters. All evaluated juices fit into within the parameters required by law with respect to the variable acidity. In the attributes SS and relation SS/ TA, the samples were presented outside of the values legally.

Keywords: *Vitislabrusca*. Phenolics. Anthocyanins. Functional compounds.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, muito se estuda a respeito da ingestão de frutas, associando-as à prevenção de diversas doenças crônico-degenerativas, tais como doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer. Os estudos realizados para correlacionar a ingestão de frutas, dentre elas, as uvas, aos efeitos benéficos à saúde humana relatam que essas possuem papel relevante para aumentar as ações anti-inflamatórias, antioxidantes e anticarcinogênicas.

A demanda por alimentos com propriedades potencialmente funcionais que contribuam positivamente para a saúde do consumidor é cada vez mais crescente. Dentre os alimentos associados a essas propriedades estão as uvas, sucos e vinhos, 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). Os compostos fenólicos são importantes do ponto de vista de alegação de funcionalidade, pois apresentam propriedades antioxidantes as quais têm sido associadas à redução do risco de ocorrência de algumas enfermidades crônico-degenerativas como alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares ligadas ao metabolismo de lipídios (ANGELO; JORGE, 2007).

O suco de uva é definido como uma bebida energética não fermentada, não alcoólica, de cor, aroma e sabor característicos. Segundo exigências legais, deve possuir coloração vinho, rosada ou translúcida, teor mínimo de sólidos solúveis de 14 °Brix, acidez total mínima de 0,41% e no máximo 20% de açúcares totais naturais da uva. Se o suco for integral, deve estar em sua concentração natural, sem adição de açúcares (BRASIL, 2000, 2009).

Devido à importância dos compostos fenólicos para a saúde, vários métodos pós-colheita vêm sendo utilizados visando aumentar a quantidade desses compostos em frutas e hortaliças, dentre eles destaca-se a radiação

ultravioleta de ondas curtas (UV-C), utilizada com o objetivo de diminuir a incidência de doenças nos frutos (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009). É possível que a radiação UV-C atue como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, induzindo o metabolismo secundário, especialmente pela síntese de compostos fenólicos, envolvidos na proteção ao estresse oxidativo (HEMMATY; MOALLEMI; NASERI, 2006; LIU et al., 2009; TIECHER, 2010). O uso da radiação UV-C é um método físico que não deixa resíduos, estando em consonância com as tendências modernas de se produzir alimentos com menores teores possíveis de aditivos.

Sendo assim, o objetivo nestetrabalho foi avaliar asalterações físico-químicas e o potencial antioxidante de sucos de uva integral de diferentes cultivares, tratados com radiação UV-C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os sucos de uva foram elaborados experimentalmente no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG, Brasil), empregando uvas da safra de 2013/2014, cultivadas na região do sudoeste de Minas Gerais, provenientes do pomar institucional. Quatro variedades de uvas tintas foram empregadas na produção dos sucos: Bordô (*Vitislabrusca*), Isabel Precoce (*Vitislabrusca*), Niágara rosada (*Vitislabrusca*), e BRS Rúbea (uva híbrida).

Após a colheita, as uvas foram mantidas em câmara fria a $10^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas. Então, foi realizada a degrana manual e sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg L^{-1} por 10 minutos, e as bagas foram submetidas à exposição ou não aos raios UV-C, seguindo a metodologia de Sauter et al. (2008). Após a exposição, todos os tratamentos, assim como o controle, foram mantidos em câmara fria, por cinco dias, para que houvesse uma resposta fisiológica à irradiação UV-C.

A irradiação ocorreu a uma distância de 20 cm da fonte até a superfície, em câmara antirreflectiva com fonte ultravioleta do tipo C (UV-C) (marca Ecolume, Potência 15 W e com circulação de ar a 10°C). A irradiância de $0,787\text{ W m}^{-2}$ no comprimento de onda 254 nm foi mensurada por espectroradiômetro (marca International Light®, modelo RPS900). As doses foram calculadas através da integração do tempo de exposição e a irradiância da fonte, com uso do pacote Origin™ versão 5.1.

O tempo de irradiação das uvas foi determinado segundo Diffey (2002) pela relação da dose e irradiância emitida pela lâmpada ultravioleta, conforme demonstrado na equação abaixo:

$$t = D/I$$

onde: t é o tempo de exposição (s), D é a dose de exposição (Jm^{-2}) e I é a irradiância da lâmpada ultravioleta (Wm^{-2}).

Cada cultivar foi representada por um grupo controle – sem irradiação – e um grupo irradiado (6 kJ m^{-2}).

Para a produção dos sucos foi empregado o protocolo tecnológico sugerido por Rizzon, Manfroi e Meneguzzo (1998) usando um equipamento artesanal por arraste de vapor realizado a $75^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora. Para cada litro de suco de uva, foi adicionado 0,05 g de metabissulfito de potássio (Synth®, Diadema, Brasil). Após essa etapa, os sucos foram imediatamente envasados em frascos de vidro âmbar de 100 mL e mantidos sob temperatura ambiente até o momento das análises.

As seguintes análises foram realizadas: cor (L^* , chroma e $^{\circ}\text{Hue}$), pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, atividade antioxidante (DPPH e β -caroteno/ácido linoleico), fenólicos totais, vitamina C, antocianinas totais.

Para avaliar a coloração dos sucos foi empregado o uso do colorímetro Minolta, modelo CR 400, no sistema da *Commission Internationale de Eclairage* (CIE, 1978), pesquisando-se as coordenadas L^* , a^* e b^* . A coordenada L^* mede a claridade ou luminosidade da amostra, variando entre o preto (0) e o branco (100). As coordenadas a^* e b^* definem a cromaticidade da amostra, sendo que o a^* corresponde à variação de cor do vermelho ao verde e o b^* indica a variação de cor da amostra do azul ao amarelo. Os valores de a^* e b^* obtidos pela leitura dos sucos foram empregados no cálculo da cromaticidade e da tonalidade, conforme recomendações de McGuire (1992).

A mensuração do pH foi feita empregando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3M) com eletrodo de vidro, conforme recomendações da *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (2007). Os sólidos solúveis dos sucos foram determinados utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, sendo os

resultados expressos em %, de acordo com técnica da AOAC (2007). A acidez titulável também foi determinada por metodologia sugerida pela AOAC (2007), realizando-se titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol L⁻¹, sendo os resultados expressos em (%) de ácido tartárico. Para o cálculo da relação SS/AT foi realizada a divisão do teor de sólidos solúveis totais pela acidez titulável.

Os compostos fenólicos totais foram obtidos conforme o método colorimétrico desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v). O procedimento de extração envolveu etapas consecutivas de centrifugação, filtração e repouso, visando obter uma melhor extração dos compostos fenólicos, conforme descrito por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997).

Para determinar a atividade antioxidante foram empregados os extratos utilizados para determinação dos compostos fenólicos totais, conforme sugestão de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997). A determinação da atividade antioxidante dos sucos foi realizada pelo método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptado por Rufino et al. (2007a). Para fins de comparação com resultados da literatura, foi calculada a porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL), conforme fórmula sugerida por Duarte-Almeida et al. (2006): %SRL = (Ac - Am) x 100/Ac, onde Ac (Abs do controle) e Am (Abs da amostra). Nesse parâmetro, valores elevados indicam uma maior capacidade antioxidante da amostra pesquisada.

A avaliação da atividade antioxidante dos sucos pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico seguiu o protocolo recomendado por Miller (1971) e adaptado por Rufino (2007b). Os resultados foram expressos em % inibição da oxidação do sistema contra a oxidação.

A análise do conteúdo total de antocianinas foi realizada seguindo-se o método do pH diferencial, proposto por Giusti e Wrolstad (2001), sendo os

resultados expressos em mg L^{-1} . A quantificação dos teores de vitamina C foi feita por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada a 520 nm em espectrofotômetro Beckman 640B, com sistema computadorizado. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL^{-1} de suco.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado(DIC) em esquema fatorial (4 x 2) composto por quatro sucos de diferentes cultivares de uva e dois tratamentos (irradiados e não irradiados), com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foi aplicado para identificar diferenças significativas entre as médias, ao nível de 5%, com auxílio do software SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Coloração

A aparência é uma característica sensorial do alimento, sendo mais marcante o impacto visual causado pela cor. A cor está relacionada à qualidade dos alimentos frescos e caracterizados, constituindo-se como o primeiro critério aplicado para sua aceitação ou rejeição. Variações na coloração dos sucos podem relacionar-se com a cultivar de uva empregada, bem como sofrer influência das técnicas de produção adotadas (GURAK et al., 2010).

Logo após a irradiação ocorreu uma queda nos valores de L^* para o suco da cultivar Niágara Rosada ($L=29,20$ alta luminosidade). Já para os sucos das diferentes cultivares, independente da irradiação, o suco da cultivar Bôrdô, com coloração mais escura, obteve um índice de luminosidade menor quando não houve irradiação ($L=9,91$ baixa luminosidade). (Tabela 1).

Tabela 1 Valores médios de L^* em sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	9,91a C	10,66a B
BRS Rúbea	12,09a B	12,60 a B
Isabel Precoce	12,70a B	12,64 a B
Niágara Rosada	31,91 a A	29,20 b A

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

Em relação ao parâmetro Chroma que indica a intensidade da cor, o suco da cultivar Niágara Rosada foi o que apresentou maiores valores 16,84 (Tabela 2) indicando ser um suco com coloração mais intensa. Já, sucos das demais cultivares, apresentaram menores valores de chroma, indicando uma coloração mais violácea, voltada para o azul.

Tabela 2 Valores médios dos parâmetros cromaticidade (chroma) e tonalidade ($^{\circ}$ Hue) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Croma	$^{\circ}$Hue
Bordô	4,57d	356,00 a
BRS Rúbea	7,69c	356,55 a
Isabel Precoce	10,54 b	338,08c
Niágara Rosada	16,84 a	347,083 b

Letras minúsculas indicam diferença estatística na coluna

A tonalidade apresentada pelo suco está intimamente relacionada com o ângulo Hue. Constata-se pela tabela 2, maiores valores de ângulo Hue dos sucos das cultivares Bordô e BRS Rúbea, sucos estes com colorações arroxeadas, e menores valores para o suco da cultivar Isabel Precoce, com coloração vermelha, próximas ao vinho.

3.1.2 pH, sólidos solúveis, acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável

Essas variáveis físico-químicas são indicadoras das características sensoriais, importantes tanto para o consumo dos frutos *in natura*, quanto para a industrialização, como é o caso de sucos de frutas, culminando em aspectos, responsáveis pela aceitação ou não pelo consumidor.

Não foram observadas diferenças significativas nos valores do pH, dos sucos após tratamento com UV-C em comparação com sucos não tratados. Porém, observa-se que houve diferença significativa para este parâmetro de acordo com cada cultivar de uva, independente da radiação UV-C (Tabela 3). Os sucos produzidos a partir das cultivares Isabel Precoce e Niágara Rosada quando não irradiados apresentaram valores mais altos de pH, em relação aos demais sucos. Presume-se que os valores de pH mais elevados nos sucos Bordô sejam

consequência dos menores teores de ácidos orgânicos dessas cultivares, evidenciados pela análise de acidez titulável total, concordando com o que afirmam Rizzon, Miele e Meneguzzo (2000).

Tabela 3 Valores médios de pH de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	3,03a B	3,10a B
BRS Rúbea	3,09a B	3,06a B
Isabel Precoce	3,17 aA	3,17 aB
Niágara Rosada	3,14aA	3,14 a B

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

Assim como não foram observadas diferenças significativas nos valores do pH dos sucos após tratamento com UV-C em comparação com sucos não tratados, o mesmo ocorreu para a acidez titulável. Da mesma forma, Lorenziet al. (2010) não observaram alterações no pH e acidez total de sucos de uva tratados com radiação UV-C. Além disso os resultados deste trabalho estão de acordo com outros estudos em que não houve mudanças significativas nas propriedades físico-químicas de sucos de maçã (CAMINITI et al., 2012; FALGUERA; PAGAN; IBARZ, 2011; NOCI et al., 2008; WALKLING- RIBEIRO, 2008) e suco de romã (UYSAL PALA; KIRCA TOKLUCU, 2011) tratados com luz UV-C.

Tabela 4 Valores médios de Acidez Titulável (% ácido tartárico) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	1,20aA	1,24 a A
BRS Rúbea	1,16a A B	1,11 a B
Isabel Precoce	1,13a B	1,17 a A B
Niágara Rosada	0,99a C	1,01 a C

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

No que concerne aos níveis de acidez titulável de sucos de uva, a legislação brasileira estabelece um mínimo de 0,419g de ácido tartárico em 100 mL de suco, ou 0,49% (BRASIL, 2000). Desse modo, todas as amostras de suco avaliadas encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos. Detectou-se valores mais baixos de acidez total para os sucos de uva da cultivar Niágara Rosada e mais elevados para a Bordô, quando não ocorreu a irradiação. Resultados estes diferentes dos confirmados por Rizzon e Link (2006) trabalhando com composição do suco de uva de diferentes cultivares. Além disso, suco da cultivar Isabel, elaborado na Serra Gaúcha, tem apresentado acidez elevada, devido ao teor de ácidos fixos presentes na película e liberados ao suco no processo de elaboração (RIZZON; MANFROI; MENEGUZZO, 1998), comportamento semelhante observado na vinificação.

Os sólidos solúveis são os compostos que se misturam ou se dissolvem no suco da fruta, formados principalmente por açúcares, que dão o sabor doce ou ácido. Vale ressaltar que o teor de sólidos solúveis pode variar com a quantidade de chuva durante a safra, variedade do solo, fatores climáticos, adubação realizada, dentre outros. A irradiação foi efetiva para os sucos das cultivares Bordô e Niágara Rosada, que apresentaram aumentos interessantes nos teores de SS, no caso da cultivar Bordô de 9,20% para 9,83% e da cultivar Niágara Rosada de 8,93% para 9,97%.

Tabela 5 Valores médios de sólidos solúveis de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	9,20 b B C	9,83 a A B
BRS Rúbea	9,63 a A B	9,63 a B
Isabel Precoce	9,93 a A	10,20 a A
Niágara Rosada	8,93 b C	9,97 a A B

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

Em relação aos teores de SS, evidencia-se que este parâmetro reflete, dentre outros fatores, os níveis de açúcares presentes no suco e estes sofrem influência direta da cultivar de uva utilizada na elaboração dos sucos. Nesse sentido, observa-se que o suco produzido com uvas da cultivar Isabel Precoce foram os que obtiveram os maiores índices de sólidos solúveis quando não ocorreu a irradiação (Tabela 5). Os valores de SS identificados nos sucos das quatro cultivares (Bordô, BRS Rúbea, Isabel Precoce, e Niágara Rosada) quando não irradiados e quando irradiados, apresentaram-se abaixo do mínimo preconizado pelo padrão de identidade e qualidade para suco de uva, estabelecido pela legislação brasileira, que é de 14,0 °Brix (BRASIL, 2000). Tal fato também foi evidenciado por Pinheiro et al. (2009) que encontraram valores de SS entre 10,2 e 11,2 °Brix em sucos de uvas da variedade Benitaka. No entanto, sucos de uva integral cv. Isabel, avaliados por Arcanjo (2005), também exibiram níveis de SS de 14,5 °Brix, que atendiam aos padrões preconizados.

Outro atributo avaliado nos sucos foi a relação SS/AT, parâmetro este que não foi influenciado pela irradiação (Tabela 6). É um atributo considerado um indicativo de qualidade de suco de uva, uma vez que traça um parâmetro entre quantidades de açúcares e ácidos presentes na fruta e assim define as características de sabor do suco. Essa relação propicia uma boa avaliação do sabor, sendo mais representativa do que se realizar de forma isolada a medição de açúcares e acidez, e boa expressão do equilíbrio entre sólidos solúveis e acidez titulável.

Tabela 6 Valores médios da relação SS/AT de sucos de uva integral uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	SS/AT
Bordô	7,79 ^c
BRS Rúbea	8,49 ^b
Isabel Precoce	8,74 ^b
Niágara Rosada	9,41 ^a

Letras minúsculas indicam diferença estatística na coluna

Nesse contexto, a legislação brasileira recomenda que os valores de relação SS/AT estejam entre 15 e 45 (BRASIL, 2000), sendo que valores situados fora dessa faixa podem descaracterizar o sabor do suco. Assim, nota-se que de modo geral, todos os sucos não enquadram-se nos parâmetros estabelecidos pela legislação.

3.1.3 Atividade Antioxidante

Os alimentos que possuem naturalmente em sua composição substâncias com caráter antioxidante atraem interesse devido aos possíveis efeitos nutricionais e terapêuticos associados ao seu consumo (RUFINO, 2009).

Sabe-se que as antocianinas são pigmentos vegetais solúveis em água que fornecem cor a uma variedade de vegetais, grãos de cereais, flores e frutos, como as bagas. As antocianinas pertencem à classe de compostos flavonoides vulgarmente conhecido como polifenóis. Nas últimas duas décadas, o interesse nas antocianinas tem aumentado devido à sua utilização como corantes alimentares naturais e suas potenciais propriedades na promoção da saúde (ANDERSEN, 2009).

Como a radiação UV-C atua como agente estressor e ativador do metabolismo secundário (POMBO et al., 2011), se esperava que as uvas tratadas fossem mais ricas em compostos do metabolismo secundário. Para o teor de antocianinas isto ocorreu, sucos de todas as cultivares que foram irradiadas, apresentaram maiores teores de antocianinas que os sucos não tratados com a radiação UV-C (Tabela 7).

Tabela 7 Teor de antocianinas totais (mg L^{-1}) determinado como cianidina 3-glicosídeo de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	533,91 b A	619,70 a A
BRS Rúbea	188,72 b B	240,47 a B
Isabel Precoce	109,89 b C	117,38 a C
Niágara Rosada	23,60 b D	39,26 a D

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

Rocha, Guerra e Barbosa (2008) citam que a luz UV estimula a biossíntese de flavonóis e também possui efeito sobre a formação de flavonoides, inclusive de antocianinas. Ao contrário desse estudo, Erkan, Wang e Wang (2008) citam que a radiação UV-C teve pouco efeito sobre as antocianinas em morangos, mas em cereja, maçã e uva a radiação UV-C promoveu a síntese das antocianinas.

No caso dos sucos das diferentes cultivares, considera-se que a coloração dos sucos é dada por seu conteúdo de antocianinas, então é de se esperar que os sucos das cultivares Bordô e BRS Rúbea apresentem maior teor de antocianinas quando comparados ao suco da cultivar Isabel Precoce, em ambos os casos quando as cultivares foram irradiadas ou não, resultados estes confirmados neste trabalho (Tabela 7), o suco da cultivar Bordô apresentou o maior valor entre os sucos das diferentes cultivares. O suco da cultivar Niágara Rosada, de coloração menos intensa, apresentou menor conteúdo de antocianinas, resultado este confirmado por Abe et al. (2007) realizando estudos com compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L.

Observou-se diferença significativa no conteúdo de fenólicos totais de sucos irradiados e não irradiados, em que a radiação UV-C aumentou os níveis de compostos fenólicos apenas para a cultivar Niágara Rosada (Tabela 8).

Tabela 8 Fenólicos totais ($\text{mg } 100\text{mL}^{-1}$) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	Não Irradiadas	Irradiadas
Bordô	409,83 a A	381,55 a A
BRS Rúbea	368,10 a A	319,67 b B
Isabel Precoce	281,84 a B	259,34 a C
Niágara Rosada	246,55 b B	366,92 a A

Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha e maiúscula na coluna

Uysal Pala e KircaToklucu (2013) em estudos sobre os efeitos da radiação UV-C de algumas características de qualidade de sucos de uva, relataram que o tratamento UV-C não afetou o nível de compostos fenólicos. Semelhante aos resultados deste trabalho, também não foram observadas alterações significativas no conteúdo de fenólicos totais de sucos de romã submetidos à luz UV-C (UYSAL PALA; KIRCA TOKLUCU, 2011). Caminitiet al.(2012) relataram que não houve alterações significativas no teor de fenólicos totais de suco de maçã expostos à luz UV-C. Já Nocietal. (2008) verificaram uma diminuição significativo no teor de fenólicos totais de suco de maçã após tratamento UV-C.

Entre os sucos das cultivares analisadas, quando não irradiadas, a cultivar bordô e rúbea, apresentaram os mais altos índices de fenólicos totais, atingindo valores médios de 409,83 mg 100mL⁻¹ e 368,10 mg 100mL⁻¹ respectivamente (Tabela 8). Segundo Mulero, Pardo e Zafrilla(2010), vários fatores podem influenciar na concentração de compostos fenólicos de sucos, incluindo a cultivar de uva utilizada. Natividade et al. (2013) avaliando a concentração e o perfil de compostos fenólicos, também observaram diferenças entre as cultivares de uva utilizadas na elaboração de sucos produzidos na região do Vale do São Francisco, Brasil.

A irradiação não alterou os níveis da atividade antioxidante pelo método DPPH (% SRL) nem de vitamina C (mg 100 mL⁻¹) dos sucos de uva das diferentes cultivares (Tabela 9).

Tabela9 Valores médios da atividade antioxidante pelo método DPPH (% SRL) e vitamina C (mg 100mL⁻¹) de sucos de uva integral não irradiados e irradiados

Cultivares	DPPH (%SRL)	Vitamina C(mg 100mL⁻¹)
Bordô	21,56a	40,17 a
BRS Rúbea	18,08a b	31,41b
Isabel Precoce	17,07b	21,34 b c
Niágara Rosada	20,42a b	12,14 c

Letras minúsculas indicam diferença estatística na coluna

Para a atividade antioxidante obtida pelo método DPPH, os sucos da cultivar Bordô apresentaram um resultado em média de % SRL maior que os sucos da cultivar Isabel Precoce. Já sucos da cultivar Niágara Rosada e BRS Rúbea foram semelhantes em média de % SRL tanto a sucos da cultivar Bordô quanto a sucos cultivar Isabel Precoce.

Dávalos, Bartolomé e Gómez-Cordovés(2005) relatam que a atividade antioxidante mais elevada de sucos de uvas tintas pode ser atribuída ao seu maior teor de fenólicos totais e antocianinas. Vargas, Hoelzel e Rosa (2008) trabalhando com sucos de uva tintos e brancos encontraram % SRL que variou de 42% a 114%, sendo os menores valores referentes à atividade antioxidante de sucos de uvas brancas.

Vitamina C ou ácido ascórbico, nome comum do ácido 2,3-enediol-L-lugônico, pertence ao grupo orgânico lactonas, é um antioxidante. No caso desse parâmetro também não ocorreu interação significativa entre a irradiação e as cultivares analisadas (Tabela 9). Porém, o teor de vitamina C dos sucos diferiram significativamente, sendo o suco da cultivar Bôrdô o que apresentou maiores valores médios de vitamina C. Já os sucos da cultivar Niágara Rosada e Isabel Precoce apresentaram menores valores médios de vitamina C (Tabela 9). Daniet al.(2007) em estudos com suco de uva cultivadas convencionalmente, encontrou níveis de ácido ascórbico em torno de $44,0 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ para a cultivar Bôrdô, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Com relação ao parâmetro % de proteção da oxidação, não houve diferenças significativas para o tratamento com luz UV-C, nem entre os sucos das cultivares analisadas.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, foi verificado que o tratamento UV-C nas uvas, afetando o metabolismo secundário através do aumento apenas da concentração de antocianinas totais, não alterando fenólicos totais, vitamina C, atividade antioxidante (% de proteção e %SRL).

A aplicação da radiação UV-C na uva não resulta em alterações nos parâmetros físico-químicos.

Todos os sucos avaliados enquadram-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente no que concerne à variável acidez titulável.

Nos atributos SSe relação SS/AT, as amostras apresentaram-se fora dos valores preconizados legalmente.

REFERÊNCIAS

ABE, L. T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, 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**, Amsterdam, v. 10, p. 512-516, 2009.

ANDERSEN, O. M. Recent advances in the field of anthocyanins: main focus on structures. In: DAAYF, F.; LATTANZIO, V. (Ed.), **Recent advances in Polyphenol research**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009.

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

ARCANJO, S. R. S. **Efeito da adição do suco de uva (*Vitis labrusca* L.) var. Isabel nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, 2007.

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

BRASIL. Instrução Normativa n. 1, de 7 de janeiro de 2000. Aprova os regulamentos técnicos para fixação dos padrões de identidade para polpa e suco de fruta, conforme consta no anexo II desta instrução normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2000. Seção 1, p. 5-58.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 5 jun. 2009. Disponível em: <http://planalto.gov.br/ccivil_03?Leis/L8918.htm>. Acesso em: 25 jun. 2011.

- CAMINITI, I. M. et al. The effect of ultraviolet light on microbial inactivation and quality attributes of apple juice. **Food and Bioprocess Technology**, Heidelberg, v. 5, p. 680–686, 2012.
- DANI, C. et al. Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically or conventionally produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.45, p. 2574-2580, 2007.
- DÁVALOS, A.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 93, n. 2, p. 325-330, Nov. 2005.
- DIFFEY, L. D. Sources and measurement of ultraviolet radiation, **Methods**, San Diego, v. 28, p.4-13, 2002.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β - caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.
- ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme and decay in strawberries fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, n.2, p.163-171, 2008.
- FALGUERA, V.; PAGAN, J.; IBARZ, A. Effect of UV irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juices from different varieties. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 44, p. 115–119, 2011.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R.E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley & Sons, 2001. cap. 1, p. 1-13.
- GURAK, P. D. et al. Quality evaluation of grape juice concentrated by reverse osmosis. **Journal of Food Engineering**, London, v. 96, p. 421-426, 2010.
- HEMMATY, S.; MOALLEMI, N.; NASERI, L. Shelf-life and quality of apple fruits in response to postharvest application of UV-C radiation. **Journal of Applied Horticulture**, Lucknow, v. 8, n. 2, p. 114-116, 2006.
- LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red

- grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, p. 1390-1393, 1997.
- LIU, L. H. et al. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 115, p. 495-500, 2009.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 1254-1555, 1992.
- MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 48, p. 91-97, 1971.
- MULERO, J.; PARDO, F.; ZAFRILLA, P. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, p. 569-574, 2010.
- NATIVIDADE, M. M. P. et al. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, New York, v. 110, p. 665-674, 2013.
- NOCI, F. et al. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. **Journal of Food Engineering**, London, v. 85, p. 141-146, 2008.
- PINHEIRO, E. S. et al. Estabilidade físico-química e mineral do suco de uva obtido por extração a vapor. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 373-380, jul./set. 2009.
- POMBO, M. A. et al. UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, Duch.) **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 59, p. 94-102, 2011.
- RIZZON, L. A.; MANFROI, V.; MENEGUZZO, J. **Elaboração de suco de uva na propriedade vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1998.
- RIZZON, L. A.; LINK, M. Composição do suco de uva caseiro de diferentes cultivares. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 689-692, 2006.
- RIZZON, L. A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da uva cv. Isabel para a elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 115-121, abr. 2000.

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

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, 2007a. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β caroteno – ácido linoléico. Fortaleza: Embrapa, 2007b. 4 p. (Comunicado Técnico, 126).

RUFINO, M. S. M. et al. Total phenolic content and antioxidant activity in acerola, açai, mangaba and uvaia fruits by DPPH method. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 841, p. 459-462, Aug. 2009.

SAUTER, C.K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1097-1110, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144–158, 1965.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS procedures guide for computers**. 6th ed. Cary: SAS Institute, 1999. v. 3, 373 p. (SAS versão 9.0).

STROECKHER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TIECHER, A. **Efeito da Radiação UV-C na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill.)**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

UYSAL PALA, C.; KIRCA TOKLUCU, A. Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 24, n. 6, p. 790–795, 2011.

UYSAL PALA, C.; KIRCA TOKLUCU, A. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. **Food and Bioprocess Technology**, Heidelberg, v. 24, n. 6, p. 719–725, 2013.

WALKLING-RIBEIRO, M. et al. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. **Journal of Food Engineering**, London, v. 89, p. 267–273, 2008.

ARTIGO 2 - Coloração, parâmetros físico-químicos e potencial antioxidante em sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C

RESUMO

Sabendo que estresses moderados como a incidência de radiação UV podem ativar mecanismos de defesa nos vegetais, o uso da radiação UV-C surge como hipótese de uma técnica promissora, que ajudaria estimular e a potencializar compostos benéficos para saúde, aplicando-se através de uma tecnologia limpa e saudável. Neste estudo avaliou-se a possível indução ao metabolismo secundário, o incremento do teor de compostos fitoquímicos e as alterações físico-químicas através do uso da radiação UV-C em sucos de uva integral produzido com uvas *Vitis labrusca*, cv. Isabel Precoce. As uvas foram colhidas, sanitizadas, então as bagas foram submetidas à exposição aos raios UV-C, nas doses 0; 2; 4; e 6 kJ m⁻² e em seguida destinadas à elaboração de sucos, que foram acondicionados em frascos de vidro âmbar armazenados à temperatura ambiente, sendo as análises realizadas nos dias 0, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento. Foram realizadas as seguintes análises: pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT (ratio), cor (L*, Croma, °Hue), fenólicos totais, atividade antioxidante (DPPH e β-caroteno/ácido linoleico), antocianinas totais e vitamina C. Com base nos resultados obtidos e nas condições que foi realizado o experimento, verificou-se que o tratamento UV-C nas uvas, *Vitis labrusca* cv. Isabel Precoce provoca um estresse abiótico nas frutas, afetando a coloração, acidez titulável e relação sólidos/acidez titulável, vitamina C, porcentagem de proteção contra a oxidação. A aplicação da radiação UV-C não resultou em alterações nos teores de antocianinas, nos teores de compostos fenólicos totais dos sucos nem na porcentagem de sequestro de radicais livres, não alterando também o pH e SS.

Palavras-chave: Fenólicos. Atividade antioxidante. Parâmetros físico-químicos. Vitamina C.

ABSTRACT

Knowing that moderate stress such as UV radiation can activate defense mechanisms in plants, the UV-C radiation use appears as hypothesis of a promising technique that would help stimulate and enhance the beneficial compounds to health by applying it through a clean and healthy technology. In this study it was evaluated the possible induction of secondary metabolism, increasing the content of phytochemicals compounds and physico-chemical changes through the UV-C radiation use in whole grape juice produced from grapes *Vitislabrusca*, cv. Isabel Precoce. The grapes were harvested, sanitized, then the berries were subjected to exposure to UV-C rays, in doses 0; 2; 4; and 6 kJ m⁻² and then for the preparation of juices, which were stored in amber glass bottles stored at ambient temperature, the analysis performed on days 0, 30, 60, 90 and 120 days of storage. The following analyzes were performed: pH, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), relation SS/TA (ratio), color (L*, Chroma, °Hue), total phenolics, antioxidant activity (DPPH and β-carotene/linoleic acid), total anthocyanins and vitamin C. Based on the results obtained in the conditions that the experiment was conducted, it was found that the treatment UV-C in grapes, *Vitislabrusca* cv. Isabel Precoce causes an abiotic stress in fruits, affecting the color, titratable acidity and relation solids/titratable acidity, vitamin C, percentage of protection against oxidation. The application of UV-C radiation resulted in no change in the content of anthocyanins, in the content of total phenolic compounds of the juices, nor in percentage of scavenging free radicals, also not altering the pH and SS.

Keywords: Phenolic. Antioxidant activity. Physico-chemical parameters. Vitamin C.

1 INTRODUÇÃO

A procura por alimentos ricos em compostos funcionais se deu a partir da década de 90, quando a população começou a se preocupar mais com uma dieta a base de vegetais, buscando uma alimentação livre de agroquímicos, priorizando a qualidade de vida e a saúde. Fato este que resultou na forte demanda por alimentos com alto teor de substâncias como vitaminas, pigmentos e compostos fenólicos que possuem capacidade antioxidante (LEITÃO, 2012).

Entre as frutas, a uva se destaca por apresentar uma grande quantidade de compostos fenólicos capazes de capturar radicais livres, combatendo assim o estresse oxidativo e prevenindo doenças cancerígenas, neurológicas, dentre outras. Os compostos presentes na uva e seus produtos, que se presume fornecer efeitos positivos à saúde são principalmente flavonóis, procianidinas, antocianinas e ácidos fenólicos (ANDRADE et al., 2001; CHEDEA; BRAICU; SOCACIU, 2010).

Os compostos fenólicos resultam do metabolismo secundário dos vegetais, são essenciais para o crescimento e reprodução vegetal e se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (ANGELO; JORGE, 2007; MELO et al., 2008, 2010). Esses compostos desempenham funções importantes na natureza, atuando como mecanismo de defesa e como agentes antipatogênicos. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007; PORTO, 2002). Do ponto de vista medicinal, vários estudos mostraram que esses compostos possuem efeito anticarcinogênico, anti-inflamatório, anti-hepatotóxico, antiviral, antialérgico, antitrombótico e antioxidante (DIAS, 2009; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005; PORTO, 2002).

Nos vegetais vários fatores influenciam a biossíntese dos compostos provenientes do metabolismo secundário, dentre esses fatores têm-se o teor de macro e micronutrientes no solo, o clima, o fotoperíodo, tratos culturais e a incidência de radiação ultravioleta. Sabendo-se que estresses moderados como a incidência de radiação UV podem ativar mecanismos de defesa nos vegetais, o uso da radiação UV-C surge como hipótese de uma técnica promissora, que ajudaria estimular e a potencializar compostos benéficos para saúde, aplicando-se através de uma tecnologia limpa e saudável.

No entanto, faltam estudos que visem elucidar o benefício da sua aplicação, desse modo, neste estudo objetivou-se a possível indução ao metabolismo secundário e o incremento do teor de compostos fitoquímicos e as alterações físico-químicas através do uso da radiação UV-C em sucos de uva integral produzidos com uvas *Vitislabrusca*, cv. Isabel Precoce.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os sucos de uva foram elaborados experimentalmente no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG, Brasil), empregando uvas da safra de 2013/2014, cultivadas na região do sudoeste de Minas Gerais, provenientes do pomar institucional.

Após a colheita, as uvas foram mantidas em câmara fria a $10^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas. Então, foi realizada a degreana manual e sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg L^{-1} por 10 minutos, e as bagas foram submetidas à exposição ou não aos raios UV-C, seguindo metodologia de Sauter et al. (2008), e em seguida mantidas em câmara fria novamente durante 5 dias e depois, por cinco dias, para que houvesse uma resposta fisiológica à irradiação UV-C.

A irradiação ocorreu a uma distância de 20 cm da fonte até a superfície, em câmara antirreflexiva, com fonte ultravioleta do tipo C (UV-C) (marca Ecolume, Potencia 15 W e com circulação de ar a 10°C). A irradiância de $0,787\text{ W m}^{-2}$ no comprimento de onda 254 nm foi mensurada por espectroradiômetro (marca International Light®, modelo RPS900). As doses foram calculadas através da integração do tempo de exposição e a irradiância da fonte, com uso do pacote Origin™ versão 5.1.

O tempo de irradiação das uvas foi determinado segundo Diffey (2002) pela relação da dose e irradiância emitida pela lâmpada ultravioleta, conforme demonstrado na equação abaixo:

$$t = D/I$$

em que: t é o tempo de exposição (s), D é a dose de exposição (Jm^{-2}) e I é a irradiância da lâmpada ultravioleta (Wm^{-2}).

As doses de irradiação e tempo de exposição das uvas em cada tratamento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Tratamentos e doses de irradiação aplicados no experimento

Tratamento	Dose	Tempo de exposição
Controle	0kJ m ⁻²	0 minutos
Irradiado com UV-C	2kJ m ⁻²	2,54 minutos
Irradiado com UV-C	4kJ m ⁻²	5,08 minutos
Irradiado com UV-C	6kJ m ⁻²	7,62 minutos

Para a produção dos sucos foi empregado o protocolo tecnológico sugerido por Rizzon, Manfroi e Meneguzzo (1998) usando um equipamento artesanal por arraste de vapor realizado a 75°±5°C durante 1 hora. Para cada litro de suco de uva, foi adicionado 0,05 g de metabissulfito de potássio (Synth®, Diadema, Brasil). Após essa etapa, os sucos foram imediatamente engarrafados em frascos de vidro âmbar de 100 mL e mantidos sob temperatura ambiente até o momento das análises.

As seguintes análises foram realizadas aos dias 0,30,60,90 e 120 dias de armazenamento: cor (L*, chroma e °Hue), pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, atividade antioxidante (DPPH e β-caroteno/ácido linoleico), fenólicos totais, vitamina C e antocianinas.

Para avaliar a coloração dos sucos foi empregado o uso do colorímetro Minolta, modelo CR 400, no sistema da *CommissionInternacionale de Eclairage* (CIE, 1978), pesquisando-se as coordenadas L*, a* e b*. A coordenada L* mede a claridade ou luminosidade da amostra, variando entre o preto (0) e o branco (100). As coordenadas a* e b* definem a cromaticidade da amostra, sendo que o a*

corresponde à variação de cor do vermelho ao verde e o b^* indica a variação de cor da amostra do azul ao amarelo. Os valores de a^* e b^* obtidos pela leitura dos sucos foram empregados no cálculo da cromaticidade e da tonalidade, conforme recomendações de McGuire (1992).

A mensuração do pH foi feita empregando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3M) com eletrodo de vidro, conforme recomendações da *Association of Official Analytical Chemists*– AOAC (2007). Os sólidos solúveis dos sucos foram determinados utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, sendo os resultados expressos em %, de acordo com técnica da AOAC (2007). A acidez titulável também foi determinada por metodologia sugerida pela AOAC (2007), realizando-se titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, sendo os resultados expressos em (%) de ácido tartárico. Para o cálculo da relação SS/AT foi realizada a divisão do teor de sólidos solúveis totais pela acidez titulável.

Os fenólicos totais foram obtidos conforme o método colorimétrico desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v). O procedimento de extração envolveu etapas consecutivas de centrifugação, filtração e repouso, visando obter uma melhor extração dos compostos fenólicos, conforme descrito por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997).

A determinação da atividade antioxidante dos sucos foi realizada pelo método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptado por Rufino et al. (2007b). Para determinar a atividade antioxidante foram empregados os extratos utilizados para determinação dos fenólicos totais, conforme sugestão de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997). Para fins de comparação com resultados da literatura, foi

calculada a porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL), conforme fórmula sugerida por Duarte-Almeida et al. (2006): $\%SRL = (Ac - Am) \times 100/Ac$, onde Ac (Abs do controle) e Am (Abs da amostra). Nesse parâmetro, valores elevados indicam uma maior capacidade antioxidante da amostra pesquisada.

A avaliação da atividade antioxidante dos sucos pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico seguiu protocolo recomendado por Miller (1971) e adaptado por Rufino et al. (2007a). O extrato das amostras foi obtido segundo metodologia de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997). Os resultados foram expressos em % inibição da oxidação do sistema contra a oxidação.

A análise do conteúdo total de antocianinas foi realizada seguindo-se o método do pH diferencial, proposto por Giusti e Wrolstad (2001), sendo os resultados expressos em mg L^{-1} . A quantificação dos teores de vitamina C foi feita por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada a 520 nm em espectrofotômetro Beckman 640B, com sistema computadorizado. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL^{-1} de suco.

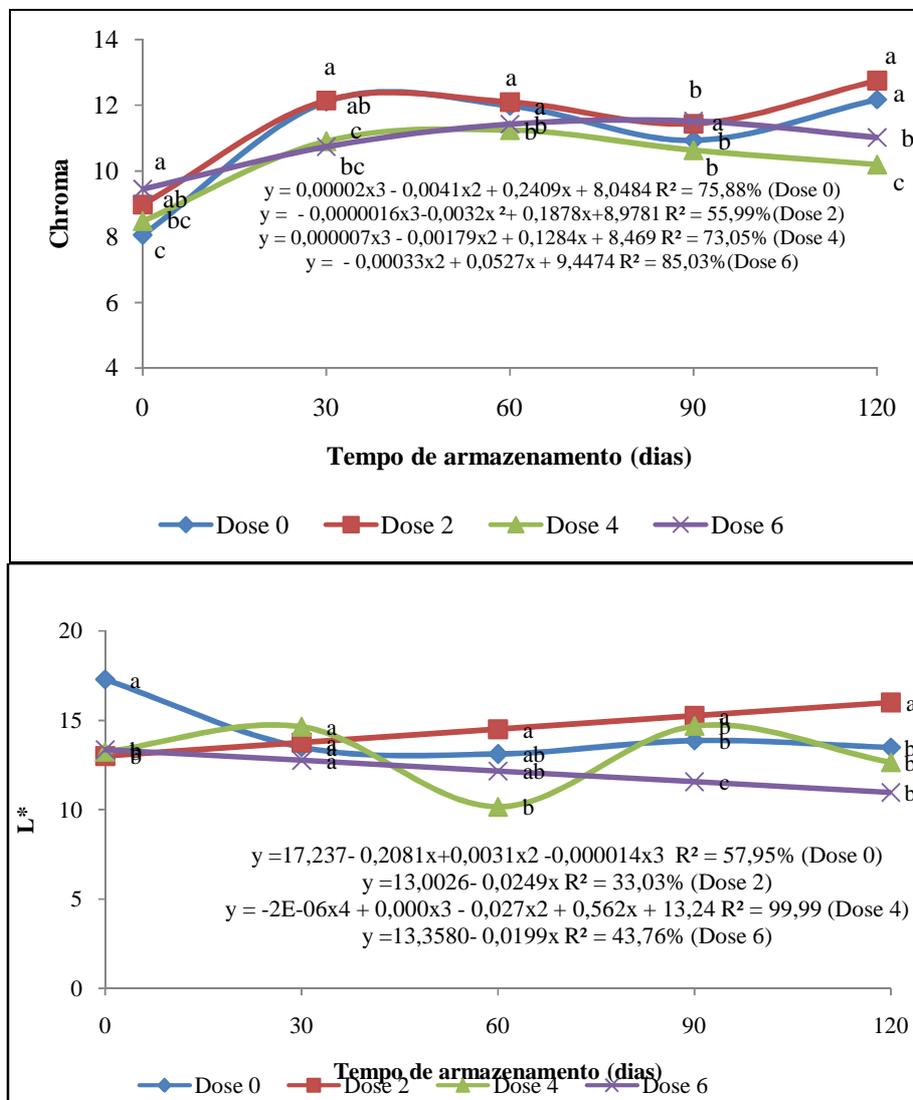
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (5x4) composto por um suco da cultivar Isabel Precoce, cinco períodos de armazenamento (0,30, 60,90 e 120 dias), e quatro doses de irradiação (0;2;4 e 6 kJ m^{-2}) com 4 repetições. O teste de Tukey a 5% de probabilidade foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais, utilizados para tempo de armazenamento, foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Coloração

A aparência dos alimentos é o primeiro fator considerado pelo consumidor no processo de compra, influenciando sobre a aceitação ou a rejeição do produto observado; a cor é o principal atributo da aparência(BAYARRI et al.,2001).

Os valores de chroma, para todos os sucos analisados, aumentaram no decorrer do período de armazenamento (Figura 1). Os sucos irradiados com a dose 2kJ m^{-2} e os sucos que não foram irradiados (dose 0), apresentaram maiores valores de cromas, e a dose 4kJ m^{-2} apresentou o menor valor de cromas ao final do armazenamento.



Figural Valores de cromia e valores de L* de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em kJ m^{-2}) armazenados por 120 dias

Os valores de L*, que variam do preto ao branco, aumentaram linearmente durante todo o período de armazenamento quando os sucos

foram irradiados com a dose de 2kJ m^{-2} , estes mesmos, foram os menos escuros no último dia de armazenamento. Ao final do período de armazenamento, os sucos irradiados com a dose de 4kJ m^{-2} , apresentaram o mesmo valor para L^* do primeiro dia de análise (tempo 0), já os sucos irradiados com a dose de 6kJ m^{-2} apresentaram os menores valores para este parâmetro ao final do armazenamento.

Para os valores de ângulo Hue (Figura 2), que indicam a tonalidade da amostra, os sucos não irradiados (dose 0) e os irradiados com a dose 2kJ m^{-2} apresentaram uma queda brusca durante o período de armazenamento, apresentando coloração vermelha ao final do armazenamento, já os sucos irradiados com a dose 4 e 6kJ m^{-2} apresentaram-se com valores estáveis de ângulo Hue, durante todo o período de armazenamento.

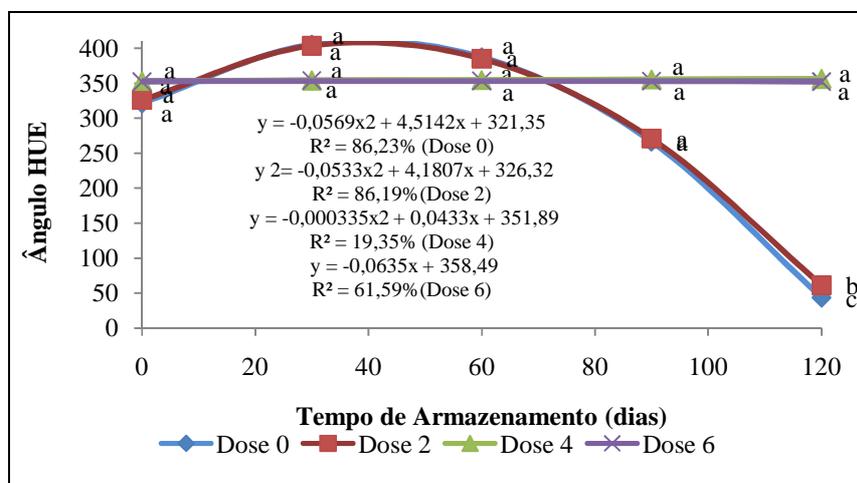


Figura 2. Ângulo Hue de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses (doses em kJ m^{-2}) de radiação UV-C, armazenados por 120 dias

3.1.2 pH, sólidos solúveis, acidez titulável e relação sólidos/acidez titulável

Não houve interação significativa entre doses de irradiação e tempo de armazenamento para os parâmetros pH e sólidos solúveis.

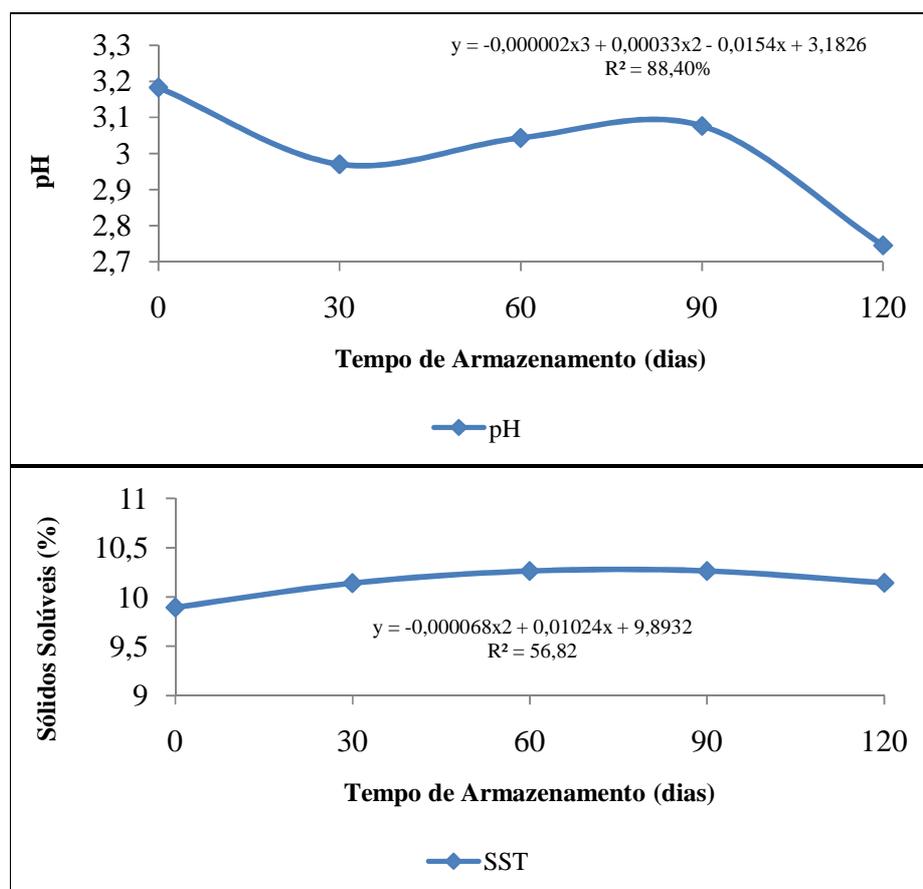


Figura3 pH e sólidos solúveis de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em kJ m^{-2}) armazenados por 120 dias

Foi possível observar uma queda dos valores de pH para a cultivar Isabel Precoce ao longo do armazenamento (Figura 3). Rizzon e Link

(2006) em um estudo comparativo, com diferentes cultivares de uva, perceberam que a cultivar Isabel apresenta características mais ácidas. Essa informação confirma o valor de pH encontrado para Isabel Precoce (pH= 2,93), já que Ritschel e Camargo (2007) afirmam que a cultivar Isabel Precoce apresenta características agronômicas e físico-químicas muito próximas a da cultivar Isabel. Em relação às diferentes doses de radiação UV-C, o suco irradiado com a dose 2kJ m^{-2} apresentou maiores valores de pH.

Os sucos da cultivar Isabel Precoce, independente da dose de irradiação, apresentaram baixos teores de sólidos solúveis, em média 9,06%, que se manteve durante todo o período de armazenamento, essa redução no valor dos SS com a radiação UV-C, indica que esses podem ter sido utilizados para outras vias. Esse valor está abaixo do mínimo preconizado pela legislação brasileira para suco de uva, que é de 14 % (BRASIL,2000). Vilas Boas (2014) em estudos com *blends* de sucos de uvas americanas produzidas no sudoeste de Minas Gerais observou que todos os *blend*s elaborados encontraram-se abaixo do mínimo preconizado pela legislação brasileira para suco de uva, que é de 14 % (BRASIL, 1998), sendo o *blend* Isabel Precoce x Niágara Rosada x BRS Cora, o que apresentou menores valores. Nagattoet al. (2003), estudando suco de uva, encontrou valores entre 14,0 e 18,9%. Arcanjo (2005) estudando as características do suco de uva integral da variedade Isabel para adicioná-lo em pães, obteve 14,5 °Brix. Rizzon e Link (2006) estudaram a composição do suco de uva caseiro de diferentes cultivares (Isabel, Bordô, Concord e Cabernet Sauvignon) e encontraram valores abaixo da legislação entre 12,2 e 13,1 °Brix.

Segundo Freitas (2006) e Rizzon e Link (2006), essas variações podem ser provavelmente devido ao efeito da diluição do vapor da água

utilizada no aquecimento e da extração da matéria corante da uva em decorrência do tipo de equipamento utilizado.

Observou-se que sucos irradiados com a dose 4kJ m^{-2} apresentaram maior valor de acidez no início e ao fim do período de armazenamento (Figura 4). No início do estudo o suco apresentou acidez de 1,2% de ácido tartárico, nessa referida dose, mantendo esses níveis após 120 dias de armazenamento. Geralmente, o que se observa em muitos estudos com sucos de uva, é uma tendência de redução da acidez ao longo do tempo, que pode ser atribuída a possíveis oxidações dos ácidos orgânicos, mas essa redução não ocorreu neste trabalho, talvez a radiação UV-C na dose 4 possa ter ocasionado essa manutenção da acidez durante o período de armazenamento. Esse aumento ácido pode ser devido à degradação da pectina que gera ácido galacturônico.

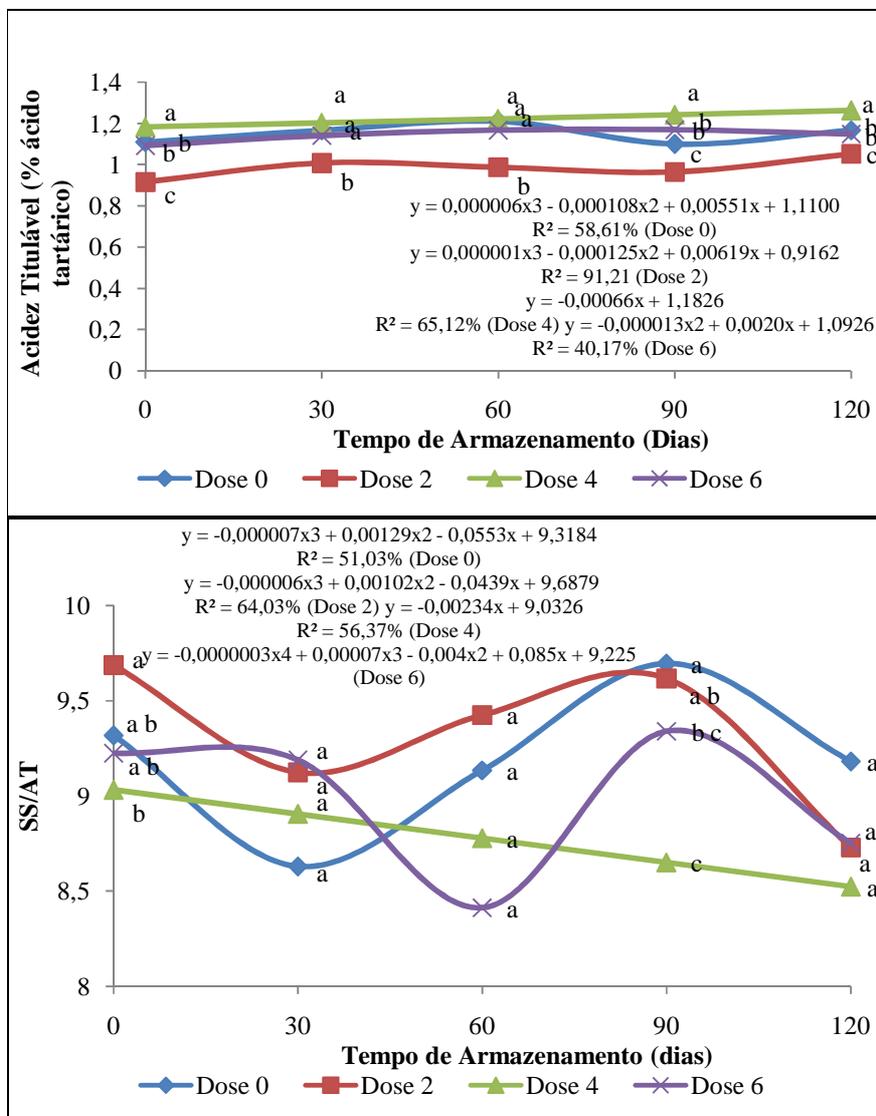


Figura4 Acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (doses em kJ m^{-2}) armazenados por 120 dias

Vilas Boas (2014) avaliando diferentes *blends* de uva encontraram resultados parecidos para acidez titulável no *blend* Isabel x BRS Cora (80% + 20%), com valores

de 1,2 % de ácido tartárico. Freitas (2006) obteve um valor mais elevado (0,85%) de acidez quando avaliou suco de uva da mesma variedade. Rizzon e Link (2006) observaram que a acidez varia devido às características das variedades e, em estudo com suco de uva de diferentes cultivares, obtiveram valores mais elevados de acidez para as cultivares Isabel e Cabernet e valores mais baixos para as cultivares Bordô e Concord. Nagattoet al. (2003) encontraram valores entre 0,5 e 0,9% e Arcanjo (2005) de 1,06% de acidez em ácido tartárico para suco de uva da variedade Isabel. Os valores obtidos nesse estudo encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação (0,41g de ácido tartárico/100 g).

O ratio é um parâmetro utilizado para determinar a maturidade dos frutos, quanto menor a acidez do suco mais elevado o ratio (BENASSI JÚNIOR, 2001; KIMBALL, 1991; VOLPE; SCHÖFFEF; BARBOSA, 2002). É importante que os frutos destinados ao processamento apresentem maturação adequada para que se obtenha um suco com características sensoriais e físico-químicas que atendam às expectativas do consumidor e à legislação (BRASIL, 2000). A relação SS/AT; que é um indicativo de qualidade do suco de uva, ou seja, o grau de doçura apresentou valores fora dos limites estabelecidos pela legislação que é entre 15 e 45. Os valores obtidos neste trabalho variaram de 8,5 a 9,5. Freitas (2006) encontrou valor mais elevado (18,23) para a relação SS/AT para a mesma variedade em estudo.

3.1.3 Atividade Antioxidante

O conteúdo de antocianinas monoméricas decresceu durante o período de armazenamento independente da dose aplicada. Durante as etapas de processamento e, principalmente, durante o armazenamento do suco, o conteúdo de antocianinas monoméricas decresce progressivo e irreversivelmente formando pigmentos poliméricos mais estáveis. Esses pigmentos são responsáveis por mudanças no aroma, cor e sabor do suco (FRANCIA-ARICHA, 1997). Aliado a isso, a cultivar, maturidade, ano de produção e outros fatores ambientais afetam o conteúdo de

antocianinas das uvas e conseqüentemente do suco de uva (MAZZA, 1995). No primeiro dia de análise os sucos irradiados com a dose de 4 KJ m⁻² apresentaram o maior teor de antocianina (292,8652 mg L⁻¹), ao contrário dos sucos não irradiados que demonstraram o menor teor (192,1754 mg L⁻¹). Já no final do período de armazenamento todos os sucos avaliados apresentaram valores iguais de antocianina (24,3574 ± 10,0469 mg L⁻¹) (Figura 5). O suco apresentou decaimento de antocianinas, indicando que possivelmente a radiação UV-C atingiu apenas a casca, e como a porção da casca é bem menor do que a polpa, as antocianinas produzidas na casca podem ter sido diluídas na polpa da baga quando o suco foi elaborado.

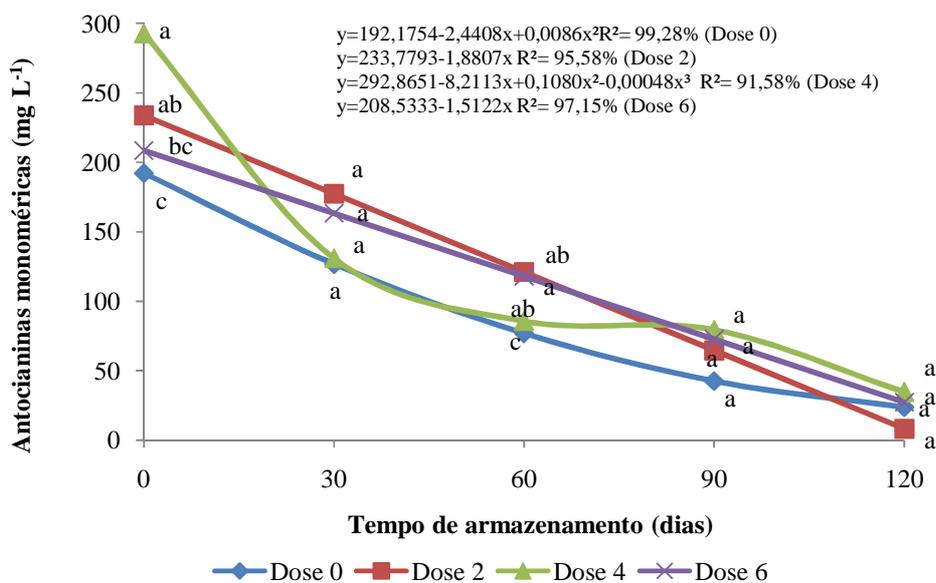


Figura 5 Antocianinas totais (mg L⁻¹) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de irradiação UV-C (doses em kJ m⁻²) armazenados por 120 dias

Os compostos fenólicos ou polifenóis constituem um grupo heterogêneo de substâncias encontradas nos alimentos vegetais em altas concentrações, que despertam interesse, sobretudo, pelo potencial antioxidante que apresentam (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000). Os teores de compostos fenólicos não apresentaram

diferenças significativas entre as doses, nem entre os tempos de armazenamento, apresentando valores médios de 318,54 mg 100mL⁻¹. Uysal Pala e KircaToklucu (2013) em estudos sobre os efeitos da radiação UV- C sobre algumas características de qualidade de sucos de uva relataram que o tratamento UV-C não afetou o nível de compostos fenólicos.

A radiação não alterou os níveis de compostos fenólicos e antocianinas totais e, o que não era esperado, pois a literatura relata que após a exposição de uvas à UV- C, esta é absorvida pelos polifenóis levando a degradação desses fenólicos; ocorre também uma desestabilização das membranas e paredes celulares, e formação de espécies reativas de oxigênio. Esses compostos ativam sistemas enzimáticos como o dafenilalaninaamonioliase, chalcona-sintase e rotas do ácido chiquímico, para a produção de fitoalexinas e compostos antioxidantes, como polifenóis (resveratrol, antocianinas), para minimizar os danos causados pelo elicitor (KOYOMA et al., 2012; RIVERA-PASTRANA et al., 2007, SHAMA, 2007; ZHANG et al., 2012). Como as uvas, antes de serem vinificadas, tiveram um tempo de resposta fisiológica de cinco dias, acredita-se que nesse intervalo de tempo ocorreu um equilíbrio hormético. Possivelmente, gerando novos compostos fenólicos, para combater os radicais livres formados pelo tratamento. Apesar de não haver diferença na concentração de compostos fenólicos e antocianinas totais, não se pode dizer que não houve resposta destes frente à irradiação ultravioleta. Os métodos de determinação deste estudo quantificam os grupos de compostos em sua totalidade e não analitos isolados. Pode ter havido formação de outros compostos fenólicos minoritários ou intermediários do metabolismo secundário até atingir a hormese.

Diversas técnicas têm sido utilizadas para determinar a atividade antioxidante "*in vitro*" de produtos vegetais. Dentre os métodos utilizados estão auto-oxidação do sistema β -caroteno/ácido linoleico (porcentagem de proteção) e o DPPH (porcentagem de sequestro de radicais livres).

Todos os sucos irradiados ou não, apresentaram-se estáveis no decorrer do período de armazenamento no que se diz respeito à % proteção da oxidação pelo radical livre. (Figura 6).

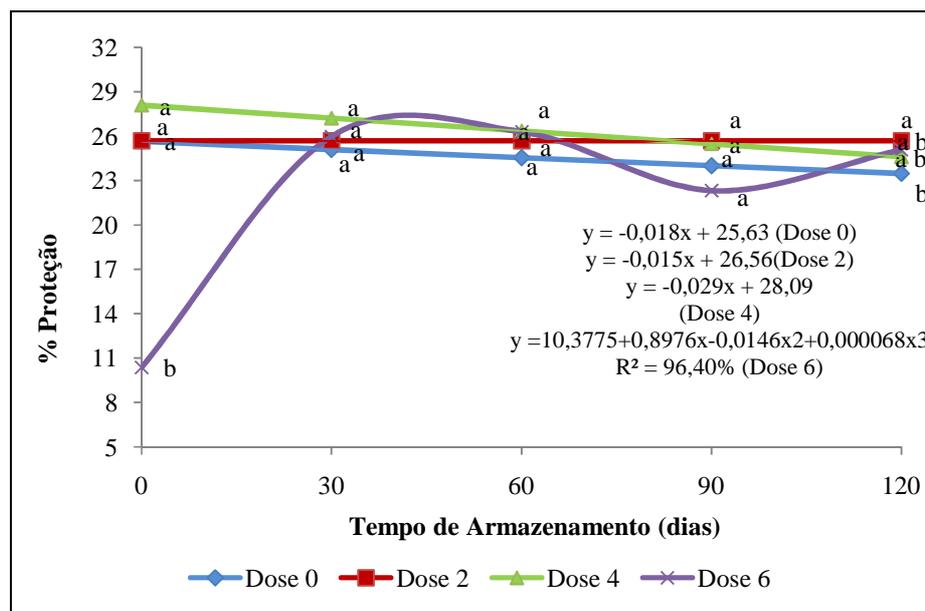


Figura6 Atividade antioxidante (% proteção) de sucos de uva integrals submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (kJ m^{-2}) armazenados por 120 dias

Nesse caso a radiação UV-C pode ter ocasionado estabilidade na atividade antioxidante para a porcentagem de proteção pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico. Essa capacidade que os subprodutos do processamento de uva possuem de prevenir a oxidação lipídica é um benefício importante, pois esses compostos antioxidantes atuam no bloqueio da oxidação de lipoproteínas plasmáticas.

Na Figura 7 encontram-se os valores da atividade antioxidante (%SRL) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de irradiação UV-C, armazenados por 120 dias.

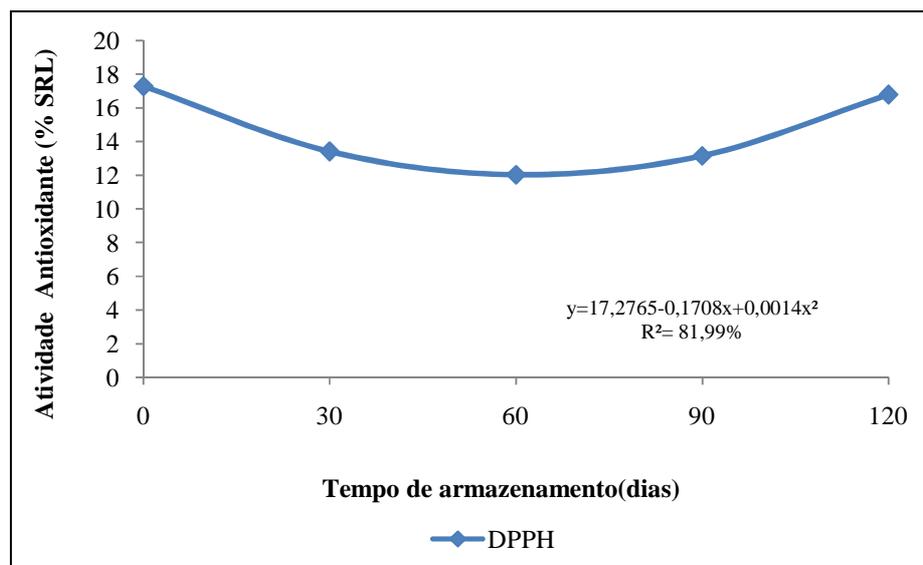


Figura 7 Atividade antioxidante (%SRL) de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (kJ m^{-2}), armazenados por 120 dias

Pelo método do DPPH (porcentagem de sequestro de radicais livres), a atividade da amostra é mensurada pela capacidade da mesma em inibir a ação de radicais livres que são gerados durante a peroxidação lipídica, nesse caso, os sucos da cultivar Isabel Precoce apresentaram baixos valores de % de SRL durante todo o período de armazenamento, nesse sentido, a radiação UV-C não foi eficaz para ocasionar um aumento na % de SRL dos sucos.

Nota-se que os sucos de uva que receberam a radiação UV-C na dose 2kJ m^{-2} mostraram um aumento linear em relação aos teores de vitamina C durante todo o período de armazenamento, culminando com teores de 15 mg mL^{-1} no último dia de armazenamento (Figura 8).

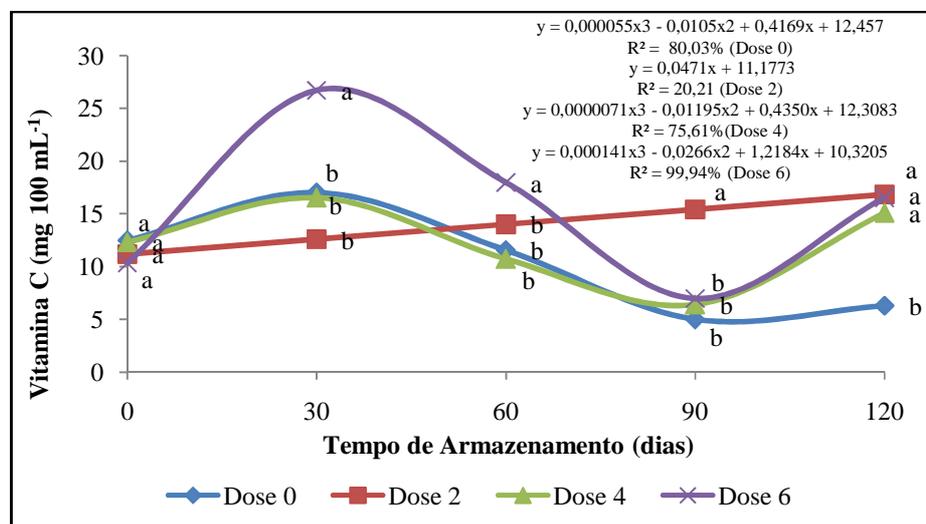


Figura8 Teor de vitamina C de sucos de uva integral submetidos a diferentes doses de irradiação UV-C(kJ m^{-2}), armazenados por 120 dias

Já os sucos que receberam as doses 4 e 6 kJ m^{-2} apresentaram uma queda nos teores de vitamina C até os 90 dias de armazenamento, e no último dia de armazenamento aumentaram novamente, culminando com os mesmos valores dos sucos que receberam a radiação na dose 2 kJ m^{-2} . Em uvas, a vitamina C figura como um dos micronutrientes majoritários em uvas e de acordo com Sun et al. (2002), sua presença certamente contribui para a atividade antioxidante observada nessa fruta, visto que a vitamina C é um potente agente antioxidante.

Para atividade antioxidante, no caso da % proteção da oxidação pelo radical livre e teores de vitamina C, a radiação foi eficiente, possivelmente ela possa ter atuado como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa, induzindo ao metabolismo secundário, sintetizando compostos envolvidos na proteção ao estresse oxidativo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições que foi realizado o experimento, verificou-se que o tratamento UV-C nas uvas, *Vitislabrusca* cv. Isabel Precoce provoca um estresse abiótico nas frutas, afetando a coloração, acidez titulável e relação sólidos/acidez titulável, vitamina C, porcentagem de proteção contra a oxidação.

A aplicação da radiação UV-C não resultou em alterações nos teores de antocianinas, nos teores de compostos fenólicos totais dos sucos nem na porcentagem de sequestro de radicais livres, não alterando tmbémpH e SS.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P. B. et al. Preliminary study of flavonols in port wine grape varieties. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 73, p. 397-399, 2001.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n.1, p. 232-240, 2007.
- ARCANJO, S. R. S. **Efeito da adição do suco de uva (*Vitis labrusca* L.) var. Isabel nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, 2007.
- BAYARRI, S. et al. Influence of color on perception of sweetness and fruit flavor of fruit drinks. **Food Science and Technology International**, London, v. 7, p.399-404, 2001.
- BENASSI JÚNIOR, M. **Determinação das curvas de maturação das variedades cítricas (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Pêra-rio, Natal, Valência e Hamlin**. 2001. 137p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, London, v. 28, p. 25–30, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa n 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.
- CHEDEA, V. S.; BRAICU, C.; SOCACIU, C. Antioxidant/prooxidant activity of a polyphenolic grape seed extract. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 121, p. 132–139, 2010.

DIAS, J. F. **Determinação dos conteúdos de resveratrol em vinhos tintos de duas regiões brasileiras.** 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

DIFFEY, L. D. Sources and measurement of ultraviolet radiation, **Methods**, San Diego, v. 28, p.4-13, 2002.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β - caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.

FRANCIA-ARICHA, F. M. et al. New anthocyanin pigments formed after condensation with flavonols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, p. 2262-2266, 1997.

FREITAS, C. A. S. et al. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* L.) adocado envasado pelos processos hot-fill e aséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 544-549, 2006.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley & Sons, 2001. cap. 1, p. 1-13.

KIMBALL, D. A. **Citrus processing: quality control and technology**. New York: AVI Book, 1991. 470 p.

KOYOMA, K. et al. Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet. **Phytochemistry**, New York, v. 78, p. 54–64, 2012.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEITÃO, A.M. **Alterações na composição, no potencial antioxidante e nas propriedades biológicas do suco produzido com uvas *Vitis labrusca*, cv. Bordô, tratadas com radiação UV-C.** 2012. 87f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MAZZA, G. Anthocyanins in grapes and grape products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, p. 341-371, 1995.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 1254-1555, 1992.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de fruta.

Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 37, abr./jun. 2008.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 48, p. 91-97, 1971.

NAGATTO, L. A. F. et al. Parametros físicos e químicos e aceitabilidade sensorial de sucos de frutas integrais, maracujá e uva, de diferentes marcas comerciais brasileiras. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, n. 121, p. 127-136, 2003. (Preprint Serie).

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais**: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Varela, 2005. 95 p.

PORTO, A. L. S. **Estudo da actividade antioxidante de catequinas e procianidinas oligoméricas**. 2002. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas)- Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2002.

RIVERA-PASTRANA, D. M. et al. Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Texcoco, v. 30, n. 4, p. 361-372, 2007.

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

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

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β caroteno – ácido linoléico. Fortaleza: Embrapa, 2007a. 4 p. (Comunicado Técnico, 126).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, 2007b. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

SAUTER, C.K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1097-1110, 2008.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p. 2073-2085, 2000.

SHAMA, G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, p. 1–8, 2007.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144–158, 1965.

STROECKHER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SUN, J. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 7449-7454, 2002.

UYSAL PALA, C.; KIRCA TOKLUCU, A. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. **Food and Bioprocess Technology**, Heidelberg, v. 24, n. 6, p. 719–725, 2013.

VILAS BOAS, A. **Caracterização físico-química, sensorial e atividade antioxidante de sucos de uva e blends produzidos no Sudoeste de Minas Gerais**. 2014. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

VOLPE, C.A.; SCHÖFFEF, E.R.; BARBOSA, J.C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.

ZHANG, Z. Z. et al. Three types of ultraviolet irradiation differentially promote expression of shikimate pathway genes and production of anthocyanins in grape berries. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 57, p. 74-83, 2012.