

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

**IRRADIAÇÃO UV-C EM CULTIVARES DE UVAS  
NIÁGARA BRANCA, TREBBIANO, ISABEL E  
CABERNET SAUVIGNON.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Táisa Ceratti Treptow**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2012**

**Irradiação UV-C em cultivares de uvas Niágara branca,  
Trebiano, Isabel e Cabernet sauvignon**

**Táisa Ceratti Treptow**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de concentração em Processamento e análise de vinhos e outras bebidas alcoólicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Kaehler Sautter**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2012**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**IRRADIAÇÃO UV-C EM CULTIVARES DE UVAS NIÁGARA  
BRANCA, TREBBIANO, ISABEL E CABERNET SAUVIGNON**

Elaborada por  
**Táisa Ceratti Treptow**

Com requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



Dr.<sup>a</sup> Cláudia Kaehler Sautter  
(Orientadora)



Dr. Cristiano André Steffens (UDESC)



Dr.<sup>a</sup> Luisa Helena Rychcki Hecktheuer (UFSM)

Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação aos meus queridos pais, Vinicius Treptow e Suzana Maris Ceratti Treptow pelo apoio, dedicação, amparo, incentivo e amor incondicional, por sempre estarem presentes comigo nesta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cláudia Kaehler Sautter, pelo carinho, apoio, auxílio, por ser única e estar sempre presente, com ensinamentos que não se limitam apenas ao científico, mas, lições que carregarei por toda vida.

Ao meu querido namorado e amigo Diego Borowsky Saucedo, pelo carinho, amor e compreensão em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis.

Ao meu irmão Igor Ceratti Treptow, por fazer parte da minha vida!

À minha avó Judith Zanini Ceratti, por acreditar em mim, e me apoiar sempre!

Às Prof<sup>ª</sup>. Neidi Garcia Penna e Prof<sup>ª</sup>. Luisa Helena Rychecki Hecktheuer pela atenção, orientação e confiança para realização deste trabalho! Muito obrigada!

Ao Prof<sup>º</sup>. Roger Wagner pela oportunidade, incentivo e apoio! E ao Laboratório de Tecnologia dos Alimentos, em especial ao aluno da graduação Jossê Donadel pelo auxílio. Muito obrigada!

Ao Prof<sup>º</sup>. José Neri Gottfried Paniz do Departamento de Química, muito obrigada pela colaboração!

Ao Prof<sup>º</sup>. Auri Brackmann, e aos estagiários, em especial ao aluno da Pós-graduação Vanderlei Both do Núcleo de Pesquisa Pós-colheita pela possibilidade do desenvolvimento de parte das análises.

Aos colegas Pós-graduandos Tassiane Ferrão, Roberta Santos, Rodrigo Gindri pelo companheirismo nos momentos de dificuldade e descontração!

À colega e amiga Carine Gláucia Comarella, pelo companheirismo e alegria nos árduos e longos finais de semana.

Aos Professores e colegas do Laboratório NIDAL, que durante este período foram meus companheiros durante os longos dias de análises. Aos alunos Luana Maurer e Guilherme Schimites que também auxiliaram nas análises, agradeço pela colaboração neste trabalho!

Aos estagiários da graduação que participaram das análises desta dissertação Fernanda Saccomori, Simone Trindade, Márcia Prior, Andriely Bersch e Ângela Mello pelo empenho em aprender e em especial, para Laura Mascarin e Fernanda Franco pelo companheirismo e dedicação no momento das análises.

Às Vinícolas Velho Amâncio e Almadén que gentilmente cederam amostras em especial aos Engenheiros Agrônomos Aline Fogaça e Fabrício Domingues, e ao Enólogo Leonel Caliari.

À todos que de alguma forma torcem por mim! Muito obrigada!

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de estar concretizando um sonho!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida

À Deus, por iluminar o meu caminho!

“A vida é um movimento de  
assimilação progredindo sem cessar.  
No seu caminho suprime todos os  
obstáculos, assimilando-os. A sua  
essência é a criação contínua de  
desejos e ideais”.

(Allama Muhammad Iqbal)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **IRRADIAÇÃO UV-C EM CULTIVARES DE UVAS NIÁGARA BRANCA, TREBBIANO, ISABEL E CABERNET SAUVIGNON**

AUTORA: TAÍSA CERATTI TREPTOW

ORIENTADORA: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012.

Este trabalho avaliou a irradiação UV-C em tecidos vegetais de râquis com e sem bagas, e bagas com pedúnculo de *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*. Nas bagas da cv. Isabel, foram analisados os compostos voláteis nos dias 2, 5 e 10 de armazenamento a 20 °C e sobre o efeito da irradiação UV-C no 5º dia de armazenamento. Os experimentos basearam-se em quatro tratamentos de irradiação UV-C (0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>), com quatro cv. (Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon) e tempos de avaliação (três nas bagas e quatro nas râquis). As râquis com e sem bagas e as bagas com pedúnculo permaneceram armazenadas a 20 °C para avaliar parâmetros fisiológicos. Em todos os tecidos foram avaliadas a taxa de produção de etileno, taxa respiratória e polifenóis totais. Apenas na râquis foi determinado a perda de peso nos dias 1, 3 e 5, além de açúcares redutores e não redutores no 5º dia. Nas bagas e no suco da cv. Isabel do 5º dia de armazenamento a 20 °C foram mensurados os sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), antocianinas totais, polifenóis totais, açúcares totais e a relação (SST/ATT). Nas bagas da cv. Isabel dos dias 2, 5 e 10 de armazenamento e nas bagas irradiadas com UV-C nas doses de 0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>, foram extraídos os compostos voláteis por microextração em fase sólida. Após a dessorção, os compostos voláteis foram separados em cromatógrafo a gás, identificados pelo espectrômetro de massas e quantificados por detector de ionização em chamas. Para a análise sensorial do suco, foram utilizados os testes discriminativos de comparação pareada de diferença e teste de ordenação. A resposta fisiológica da irradiação UV-C depende da cv. e do tecido irradiado. Apenas a râquis da uva *Vitis labrusca* ‘Niágara branca’ se comporta de forma climatérica durante o armazenamento na pós-colheita, podendo reduzir a vida de prateleira da uva de mesa. Neste estudo foi encontrada uma possível dose hormética de 3 kJ m<sup>-2</sup> somente para a baga da cv. Isabel. Foram detectados 84 compostos voláteis ao longo dos dias de armazenamento. No 5º dia de armazenamento, das bagas irradiadas com UV-C, foram encontrados 66 compostos voláteis, sendo que a dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> aumentou a concentração de ésteres e aldeídos, além de elevar em 43,8% os polifenóis totais na baga. No teste de comparação pareada de diferença, os provadores indicaram maior intensidade no aroma do suco proveniente de uvas irradiadas. No teste de ordenação, os julgadores não conseguiram discriminar as diferentes doses de irradiação, mas diferenciaram a dose controle (0 kJ m<sup>-2</sup>) dos tratamentos irradiados. O teste analítico por cromatografia gasosa permitiu determinar diferença estatística entre as doses nos diferentes compostos voláteis detectados, principalmente na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup>, na qual os julgadores não encontraram diferença.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*, tecidos vegetais, metabolismo secundário, compostos voláteis

## ABSTRACT

Master Dissertation  
Graduate Program on Food Science and Technology  
Federal University of Santa Maria

### RADIATION UV-C IN NIÁGARA WHITE, TREBBIANO, ISABELLA AND CABERNET SAUVIGNON

AUTHOR: TAÍSA CERATTI TREPTOW

ADVISER: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 29<sup>th</sup>, 2012.

This study evaluated the UV-C irradiation in tissues of rachis with and without berries, and berries with stems of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*. In berries of cv. Isabella, the volatile compounds were analyzed on days 2, 5 and 10 of storage at 20 °C and the effect of UV-C irradiation on the 5<sup>th</sup> day of storage. The experiments were based on four treatments of UV-C radiation (0, 1, 2 and 3 kJ m<sup>-2</sup>) with four cv. (Niagara white, Trebbiano, Cabernet sauvignon and Isabella) and evaluation times (three in berries and four rachis). The rachis with and without berries and the berries with stems remained stored at 20 °C to evaluate physiological parameters. Ethylene production rate, respiratory rate and total polyphenols were evaluated in all tissues. Only in the rachis was determined by weight loss on days 1, 3 and 5, reducing sugars, non-reducing sugars on the 5<sup>th</sup> day. Berries and the juice from the cv. Isabella the 5<sup>th</sup> day of storage at 20 °C the total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), anthocyanins, total phenols, sugars and the ratio (TSS/ TA) were measured. In berries of cv. Isabella on days 2, 5 and 10 storage and berries irradiated with UV-C in amounts of 0, 1, 2 and 3 kJ m<sup>-2</sup>, volatiles were extracted by solid phase microextraction. After desorption, the volatile compounds were separated by gas chromatography, identified by mass spectrometry and quantified by flame ionization detector. For the sensory analysis of the juice discriminatory tests for paired comparison of difference and test ranking were used. The physiological response of UV-C irradiation depends on the cv. and the irradiated tissue. Only the rachis of grape *Vitis labrusca* 'Niagara white' behaves climateric during storage in post-harvest and may reduce the self life of table grapes. This study found a possible hormetic dose of 3 kJ m<sup>-2</sup> only for the cv. Isabella berry. 84 volatile compounds were detected over the days of storage. After 5 days storage, berries irradiated with UV-C 66 volatiles were found. And the dose of 3 kJ m<sup>-2</sup> increased the concentration of esters and aldehydes, and 43,8% increase in the total polyphenols in berry. In the paired comparison test of difference, the judges showed greater intensity in the aroma of the juice from grapes irradiated. In the ranking test, the judges were unable to discriminate between different doses of irradiation, though differing dose control (0 kJ m<sup>-2</sup>) of the irradiated treatments. The analytical test enabled by gas chromatography to determine statistical differences between the different doses detected volatiles, especially at a dose of 3 kJ m<sup>-2</sup>, in which panelists found no difference.

Keywords: *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*, plant tissues, secondary metabolism, volatile compounds.



## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

Figura 1 – Espectro eletromagnético.....	18
Figura 2 – Esquema bioquímico dos processos que envolvem os compostos voláteis.....	22

### ARTIGO 1

Figura 1 – Perda de peso (%) em ráquis com diferentes doses de irradiação nos dias 1, 3 e 5 de armazenamento à 20 °C nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel, Cabernet sauvignon.....	43
Figura 2 – Comportamento fisiológico ao longo do tempo de armazenamento dos tecidos vegetais ráquis e baga das cultivares Niágara branca e Trebbiano.....	44

### ARTIGO 2

Figura 1 – Intensidade no aroma da uva ‘Isabel’ com cinco dias de armazenamento a 20 °C	68
---	----

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 – Taxa respiratória e de produção de etileno da ráquis nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.....	39
Tabela 2 – Taxa respiratória e de produção de etileno das bagas com pedúnculos nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.....	40
Tabela 3 – Parâmetros químicos no 5º dia em ráquis, pedúnculo e baga nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.....	41
Tabela 4 – Taxa respiratória, produção de etileno e parâmetros químicos em ráquis com e sem bagas das cultivares Niágara branca e Trebbiano, com tratamento de irradiação UV-C armazenadas 5 dias a 20 °C.....	42

### ARTIGO 2

Tabela 1 – Compostos voláteis em uva ‘Isabel’ aos dias 2, 5 e 10 de armazenamento a 20 °C	62
Tabela 2 – Efeito da irradiação UV-C sobre os compostos voláteis em uva ‘Isabel’ durante 5 dias de armazenamento à 20 °C.....	64
Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos do suco e da baga do 5º dia de armazenamento da cultivar Isabel após irradiação UV-C.....	66
Tabela 4 – Intensidade dos atributos cor e aroma no 5º dia de armazenamento com as doses de irradiação UV-C no suco da cv. Isabel.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acetil-CoA – Acetil coenzima A  
ANTC – Antocianinas Totais  
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
AT – Açúcares Totais  
ATT – Acidez total titulável  
CAAE – Certificado de apresentação para apreciação ética  
CG – Cromatógrafo gasoso  
CG/DIC – Cromatografia gasosa com detector de ionização em chama  
CG/EM – Cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas  
cm - centímetros  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono  
CV – Coeficiente de variação  
cv. – Cultivar  
Cl – Cloreto de sódio  
DMAPP – Dimetilalil difosfato  
DNA – Ácido desoxirribonucléico  
DVB/Car/PDMS – Divinilbenzeno/Carbox/Polidimetilsiloxano  
EROS – Espécies Reativas de Oxigênio  
et al. – E outros  
eV – elétron Volt  
FAL – fenilalanina amônia-liase  
FAO – Food and Agriculture Organization  
FFNSC - Flavour and Fragrance Natural and Synthetic Compounds  
DIC – Detector de Ionização em Chama  
FPP – Farnesil pirofosfato  
FS II – Fotossistema II  
g – Grama  
g – Gravidade  
GGPP – Geranilgeranil difosfato  
GPP – Geranil difosfato  
h – hora  
He – Gás hélio  
*headspace* – Espaço cabeça  
Hz - Hertz

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho  
IK – Índice de Kovats  
IPP – Isopentenil difosfato  
IR – Índice de Retenção  
Kg - Quilograma  
kJ – Quilo Joule  
kPa – QuiloPascal  
L – Litro  
 $\mu\text{L}$  – Microlitro  
m - Metro  
 $\mu\text{m}$  – Micrometro  
m.s – massa seca  
 $m/z$  – carga massa  
mg - Miligrama  
 $\mu\text{g}$  – Micrograma  
min – minuto  
mL – Mililitro  
mm – Milímetro  
M.A – Ministério da Agricultura  
MEFS – Microextração em Fase Sólida  
MS – Espectrômetro de massa  
N – normal  
Nº - Número  
NIST - National Institute of Standards and Technology  
NTP - National Toxicology Program  
Na – cloreto de sódio  
nm – nanômetros  
pH – potencial hidrogeniônico  
PT – Polifenóis Totais  
rpm – rotação por minuto  
SAR – Resistência Sistêmica Adquirida  
*Scan* – escaneamento  
*Splitless* – Modo de injeção da amostra sem divisão  
SST – Sólidos Solúveis Totais  
T – Tratamento  
UR – Umidade Relativa  
UV – Ultravioleta

UV-A – Ultravioleta do tipo A

UV-B – Ultravioleta do tipo B

UV-C – Ultravioleta do tipo C

V – Volume

W – watt

% – Porcentagem

°Brix – Graus Brix

°C – Graus Celsius

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A – Modelo do teste discriminativo de comparação pareada de diferença utilizado para avaliação sensorial do suco da cultivar Isabel.....	80
Anexo B - Modelo do teste discriminativo de ordenação utilizado para avaliação sensorial do suco da cultivar Isabel.....	81
Anexo C – Comentários na aplicação da análise sensorial no suco da cultivar Isabel.....	82

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>ARTIGO 1 – RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C) COM TECIDOS VEGETAIS DE DIFERENTES CULTIVARES <i>VITIS VINIFERA</i> E <i>VITIS LABRUSCA</i>. .....</b>	<b>26</b>
<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>29</b>
<b>Resultados e discussões.....</b>	<b>32</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>36</b>
<b>Literatura citada - Referências bibliográficas.....</b>	<b>36</b>
<b>ARTIGO 2 – COMPOSTOS VOLÁTEIS NA UVA ‘ISABEL’ DURANTE O ARMAZENAMENTO E SUBMETIDAS A IRRADIAÇÃO UV-C .....</b>	<b>45</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>45</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>45</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>46</b>
<b>Material e métodos .....</b>	<b>48</b>
<b>Resultados e discussões.....</b>	<b>51</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>59</b>
<b>Literatura citada - Referências bibliográficas.....</b>	<b>59</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## INTRODUÇÃO

Na busca por uma melhor qualidade de vida, os consumidores procuram alimentos saudáveis e com características organolépticas diferenciadas no sabor e aroma, entretanto, isentos de resíduos agrícolas, o que denota a qualidade do alimento. A legislação brasileira é rigorosa quanto ao uso de agrotóxicos, pois aumentam as chances de câncer, toxicidade reprodutiva e desregulação endócrina aos consumidores (ANVISA, 2009). Apesar dos produtores aplicarem a campo, ainda assim podem ocorrer grandes perdas após o período da colheita, através da contaminação fúngica (SAUTTER, et al., 2008). A radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) é uma opção tecnológica que tem sido pouco utilizada em alimentos, entretanto, favorece uma proteção segura para a saúde humana, pois não contamina o alimento atuando somente sobre a superfície do fruto. A UV-C interage diretamente sobre os patógenos evitando seu desenvolvimento nos frutos, e estimulando uma resposta que protege o fruto. Essa proteção é conferida pelas fitoalexinas, que são compostos de baixo peso molecular, sintetizados pelas plantas e que acumulam nas células vegetais em resposta ao elicitador. Esta síntese das fitoalexinas em plantas pode ser estimulada pelos elicitores bióticos ou abióticos (BERGAMIN FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995, GABLER et al, 2010). Outro elicitador abiótico que pode causar alterações nas plantas e reduzir a vida de prateleira das frutas é o etileno, pois este fitormônio volátil pode servir como um segundo elicitador. Além disso, os tecidos vegetais quando submetidos a condições de estresse podem produzir etileno. As uvas, como fruto não-climatérico, no início do processo de maturação possuem um pequeno aumento na síntese de etileno (PAUL et al., 2012). Este aumento na produção de etileno favorece o aumento da taxa respiratória, perda de turgescência das bagas e senescência por desidratação da ráquis com conseqüentemente redução na vida de prateleira de uvas *Vitis labrusca*. A radiação UV-C como elicitador abiótico também provoca estresse na planta, que responde alterando o metabolismo secundário e como conseqüência as características físico-químicas e organolépticas. Apesar disso, os estudos buscam avaliar as características destes alimentos irradiados, como a textura, cor, aroma, sabor. O estímulo da irradiação UV-C sobre a síntese de aromas pode ser observado em frutas como melão e folhas de manjeriço que detectaram, na grande maioria, ésteres e terpenos (LAMIKANRA; RICHARD; PARKER, 2002, IOANNIDIS, BONNER, JOHNSON 2002). O aumento no aroma do suco, geléia e vinhos provenientes de uvas irradiadas pode ser observado em trabalhos relacionados à análise sensorial, não sendo pesquisados os compostos voláteis que são alterados ou intensificados mediante a irradiação UV-C. Portanto, tendo em vista os possíveis



benefícios organolépticos, faz-se necessário a realização de estudos que relacionem a UV-C e aromas em uvas, uma vez que não são encontrados na literatura.

## **Objetivos**

- Avaliar a resposta do metabolismo secundário da uva mediante ao elicitador UV-C

### Objetivos específicos

- Determinar o efeito fisiológico da irradiação UV-C sobre a vida de prateleira de ráquis com e sem bagas, e bagas com pedúnculo de cultivares *Vitis viniferas* e *Vitis labrusca*;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos da baga, do suco e análise sensorial do suco da cv. Isabel no 5º dia de armazenamento a 20 °C com diferentes doses de irradiação UV-C;
- Identificar e quantificar os compostos voláteis da *Vitis labrusca* ‘Isabel’ nos dias 2, 5 e 10 de armazenamento a 20 °C;
- Identificar e quantificar os compostos voláteis da cv. Isabel irradiada com diferentes doses de UV-C seguido de cinco dias de armazenamento a 20 °C.

## **Referencial teórico**

### Uva

A produção vitícola no Brasil vem se destacando à quase 50 décadas entre os vinte países com maior produção de uva. Os últimos dados da FAO (2011) revelam que, em 2009, o Brasil ocupava a 15ª posição. Em 2010 a produção brasileira foi de 1,3 milhões de toneladas, sendo 60.805 toneladas destinadas para exportações de uva de mesa. Neste mesmo ano houve uma redução na exportação de sucos, pois, a produção de uvas foi menor e o mercado interno apresentou maior demanda (MELLO, 2010).

No Rio Grande do Sul a produção vitícola produziu recorde histórico em 2011, cerca de 707,2 milhões de quilos de uva, destes 88,3% eram uvas comuns americanas ou híbridas e 11,6% uvas viníferas. Destaca-se ainda que a safra foi 34,2% superior à de 2010. A maior parte da produção de uvas é destinada a elaboração de suco, pois, o mercado do suco de uva apresentou crescimento de 300% em sete anos, no período de 2004 à 2011 (JÚNIOR, 2011)

Entre uma diversidade de espécies, as cultivares que representam valor comercial são *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e *Vitis rotundifolia*. A *Vitis vinifera* é a espécie mais cultivada no mundo produzindo vinhos de alta qualidade, uvas para mesa, passas e outros derivados. As *Vitis labrusca* envolvem cultivares americanas que se caracterizam por apresentarem alta produtividade e resistência às doenças fúngicas, sendo apreciadas para consumo *in natura* (KUHN et al., 2003).

Dentre as viníferas tintas, a ‘Cabernet Sauvignon’ se destaca devido sua alta propagação, apresentando maior área de cultivo no Rio Grande do Sul e boa adaptação. É uma cultivar muito vigorosa e medianamente produtiva, produzindo vinhos de caráter varietal, com intensa coloração, riqueza em polifenóis e complexidade de aroma e buquê. Nas cultivares viníferas brancas, a ‘Trebiano’ apresenta elevada produtividade, é uma cultivar originária da Itália, muito utilizada para corte de vinhos, base de espumantes ou vinhos para destilação (CAMARGO, 2003; KUHN et al., 2003; RIZZON; MENEGUZZO, 2008).

Entre as *Vitis labrusca* tintas, a ‘Isabel’ é realçada por ser uma das cultivares mais consumidas como uva de mesa, muito utilizada na elaboração de sucos, vinhos para a destilação ou para a elaboração de vinagre, além de doces e geléias. A cultivar Niágara, outra *Vitis labrusca*, porém branca, é amplamente aceita pelo consumidor na forma *in natura*, devido suas características de aroma e sabor, também é utilizada para elaboração de vinhos pelo sabor aframboesado (CAMARGO; MAIA, 2005; KUHN et al., 2003).

## Radiação

A radiação ultravioleta no espectro eletromagnético está entre a região do visível e do raio-X (Figura 1). Diferentes bandas de frequência no espectro ultravioleta mostram grandes variações em causar danos biológicos, e por essa razão o espectro UV está dividido em três regiões espectrais: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) e UV-C (100-280 nm) (DIFFEY, 1986). Estas frequências foram estabelecidas apenas sobre o tecido humano, em que contribuem com efeitos biológicos benéficos como (absorção da vitamina D pela UV-B) e deletérios como (catarata pela UV-A, fotoqueratite, conjuntivite e câncer pela UV-B) (DIFFEY, 1986; WENGRAITIS, 2003).

A despeito desta classificação, a radiação solar é absorvida pela camada de ozônio sendo que, apenas 0,5% da UV-B, 5,6% da UV-A, 51,2% Vis e 42,1% da infravermelha

chegam a superfície terrestre GERMAN BUNDESTAG (1991 apud RUNECKLES; KRUPA, 1994, p. 192).

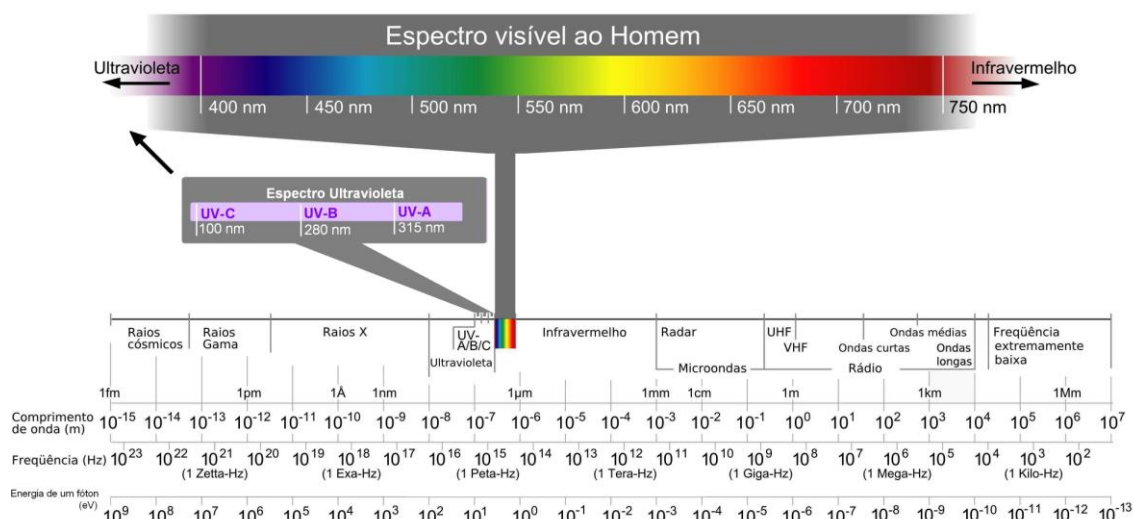


Figura 1 – Espectro eletromagnético

Em plantas ainda não foram estabelecidas classificações adequadas no espectro ultravioleta, contudo, os diferentes tipos de irradiação (UV-A, UV-B e UV-C) contribuem com efeitos deletérios. Quanto maior o comprimento de onda, menor a energia, como consequência, a radiação UV-A, é a que menos causa danos às plantas, inclusive regulando algumas rotas metabólicas. Contudo, com a redução da espessura da camada de ozônio ocorre um aumento da radiação UV-B na superfície da terra causando danos ao fotossistema II, prejuízo no transporte de elétrons e dano estrutural no centro da reação das proteínas (MANO, 2002). Os fotorreceptores da radiação UV-B ainda não são conhecidos e nem, claramente elucidados, os mecanismos que são desencadeados por receptores conhecidos como fototropinas, criptocromos e fitocromos. Os sinalizadores encontrados são dois, a proteína ULI3 que é específica no desenvolvimento de respostas na radiação UV-B e o fator de transcrição HY5 que são necessários para o desenvolvimento normal em todas as condições de luz. (CHEN; CHORY; FANKHAUSER, 2004).

A radiação UV-C é quase completamente absorvida pela atmosfera e não apresenta importância nos processos biológicos na superfície da terra. Entretanto, apresenta energia intensa o suficiente para quebrar ligações covalentes em moléculas orgânicas, sendo os danos mais intensos no fotossistema II do que com a UV-B, pois possui maior energia (Figura 1) (PERL-

TREVES; PERL, 2002). A característica da UV-C é um menor comprimento de onda, porém maior energia, o que contribui com sua conhecida ação germicida através de radiólise dentro do patógeno ou ataque direto ao DNA nos microorganismos. Também pode apresentar alto potencial de induzir os mecanismos de resistência natural do fruto, evitando perdas nas frutas de clima temperado durante a pós-colheita, disponibilizando no mercado frutos sem riscos de contaminação química (DIFFEY, 1986; FIALHO, 2004; SAUTTER et al., 2008).

A aplicação adequada da irradiação pode ser um meio eficaz de eliminar e/ou reduzir a infestação de insetos e microrganismos, juntamente com as doenças transmitidas pelos alimentos melhorando assim a segurança de muitos alimentos, bem como extensão da vida útil (MOREHOUSE; KOMOLPRASERT, 2004).

#### Radiação ultravioleta na fisiologia vegetal

A radiação ultravioleta induz a ação da lipoxigenase que gera ácidos, provenientes das membranas, tais como 9- e 13-hidropexi-octadecanóico. Estes ácidos são conhecidos como gatilhos na transdução de sinal para a morte programada de células, como mecanismo de defesa contra elicitores bióticos ou abióticos (GONZÁLEZ-AGUILAR; ZAVALATA-GATICA; TIZNADO-HERNÁNDEZ, 2007; CONCONI et al., 1996).

Pimentões tratados com irradiação UV-C e refrigeração apresentam aumento a vida pós-colheita, pois, manutenção da firmeza, atraso no aumento da taxa respiratória, vazamento de eletrólitos e redução da incidência de injúria por *chilling* (VICENTE et al., 2005). Em brócolis a irradiação também aumenta a possibilidade de controlar a qualidade no período pós-colheita (BENGTSSON et al., 2005).

Os frutos expostos a baixas doses produzem compostos anti-fúngicos e atraso no amadurecimento (SHAMA; ALDERSON, 2005). A proteção contra as doenças fúngicas na pós-colheita de frutas cítricas com aplicação de UV-C já é relatada em alguns trabalhos como de Arcas et al. (2000), que observaram a redução do crescimento do fungo *P. digitatum* em 45% em frutos irradiados, e aumento de 55% dos flavonóides que estariam relacionados com a inibição do crescimento deste fungo. Doses baixas de irradiação durante o armazenamento de kiwi demonstram efeito importante sobre a firmeza de polpa em diferentes doses que retardaram a maciez do tecido do fruto (BAL; KOK, 2009).

O controle das doenças fúngicas em frutos por UV-C já foi confirmada em pêssegos (COUTINHO et al., 2003), mirtilo (PERKINS-VEAZIE; COLLINS; HOWARD, 2007), carambola (ANDRADE-CUVÍ et al., 2010), *Botrytis cinerea* em uva Itália (NIGRO;

IPPOLITO; LIMA, 1998), *C. gloeosporioides* em Niágara rosada (CIA et al., 2009), limão (BEN-YEHOSHUA et al., 1992), manga (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2001), morango (BAKA et al., 1999), tangerina (STEVENS et al., 1997). A UV-C também é uma alternativa eficaz de inativar microorganismos diretamente no suco de uva feito a partir de cultivares *Vitis vinifera* (FREDERICKS, TOIT, KRÜGEL, 2011), em detrimento à composição fenólica.

A UV-C, quando aplicada na pós-colheita sobre a baga, promove o aumento de polifenóis como as antocianinas, resveratrol entre outros compostos fenólicos. Porém, em pimentões a UV-C atrasa o aumento dos polifenóis totais (VICENTE et al., 2005). Sautter et al (2003) observaram um aumento no teor de antocianinas e aromas no suco de uvas irradiadas. A concentração de estilbeno aumenta após o tratamento pós-colheita com UV-C, entretanto o aumento de trans-resveratrol e outros estilbenos sete dias após a aplicação podem diferir dependendo da variedade (GUERRERO et al., 2010). O efeito da UV-C em cultivares Isabel comprovam que estas aumentam a produção do trans-resveratrol ao serem expostas a doses de irradiação (SAUTTER et al., 2005). Segundo Xiaodong et al. (2008), a irradiação UV-B e UV-C pode induzir a síntese de resveratrol na casca de bagas de uva. Estes autores observaram também que o efeito da UV-C na indução do resveratrol na casca de bagas de uva foi superior ao da UV-B.

Para aplicação da irradiação existe a busca pelo efeito hormético, conhecido como aplicação de um agente potencialmente prejudicial a baixas doses para organismos vivos a fim de induzir respostas de estresse (SHAMA; ALDERSON, 2005). Nigro, Ippolito e Lima (1998) encontraram em cultivares de uvas brancas, o aumento do escurecimento ou descoloração das bagas de *Vitis vinifera* Itália em doses superiores a  $1 \text{ kJ m}^{-2}$ . Pongprasert et al (2011), testaram o efeito hormético da irradiação nas doses de 0,02, 0,03, e 0,04  $\text{kJ m}^{-2}$  em bananas e observaram a indução dos mecanismos de defesa da planta por indução ao estresse, onde a UV-C provocou um aumento significativo da enzima fenilalanina amônia-liase e nos compostos fenólicos totais livres.

## Metabolismo secundário

Os vegetais possuem o metabolismo primário que compreende as etapas de crescimento e desenvolvimento das plantas. Entretanto, outro metabolismo presente somente em plantas é o metabolismo secundário amplamente conhecido por estimular os processos de defesa dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os metabólitos secundários podem trazer

benefícios para saúde humana, entretanto no desenvolvimento das plantas pode haver atraso no crescimento, devido em parte ao consumo de energia para a síntese de metabólitos secundários de proteção (MAZZA et al., 1999; STRATMANN, 2003). Essa proteção é conferida pelas fitoalexinas, que são compostos de baixo peso molecular, sintetizados pelas plantas e que acumulam nas células vegetais em resposta ao elicitador. A síntese das fitoalexinas em plantas pode ser estimulada pelos elicitores, os quais podem ser bióticos ou abióticos. Os bióticos incluem os endógenos (da própria planta) e os exógenos (de origem microbiana). Os elicitores abióticos normalmente causam algum tipo de estresse nas plantas, e incluem a luz ultravioleta, metal pesado ( $\text{HgCl}_2$ ) e ozônio, entre outros (BERGAMIN FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995; GABLER et al., 2010). O estresse que as plantas sofrem por elicitores sejam bióticos ou abióticos desencadeiam os processos de defesa promovendo a produção de compostos considerados benéficos para a saúde humana. Os grupos que compõem os processos de defesa do metabolismo secundário são: os terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Esse metabolismo secundário também é fonte de vários compostos voláteis que interagem com receptores de olfato, gerando a sensação de odor ou aroma. As três maiores vias que envolvem a biossíntese de compostos voláteis e de poder odorífero são: a degradação de lipídios e formação de álcoois de cadeias curtas e aldeídos, como hexanol ou cis-3-hexenol que conferem notas verdes; a via do ácido chiquímico através da qual o benzoato de etila (aroma de flor) são biossintetizados; e a via dos terpenóides, através da qual geraniol (aroma de rosa), eucaliptol, mentol (hortelã-pimenta) entre outros são sintetizados (TAIZ; ZEIGER, 2010). No entanto, as vias secundárias que envolvem a formação de tais compostos voláteis é complexa como pode ser observado na Figura 2.

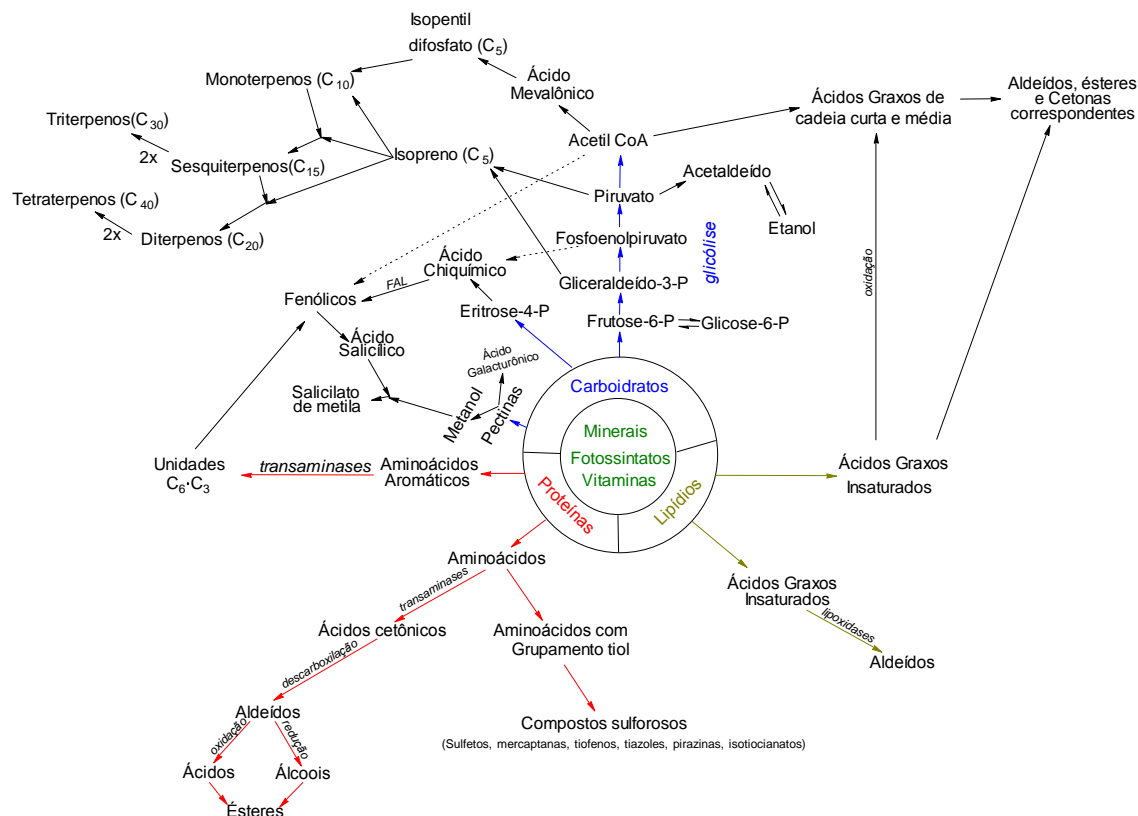


Figura 2 – Esquema bioquímico dos processos que envolvem os compostos voláteis. (adaptado de ESKIN, 1990; TAIZ; ZEIGER, 2010; FRANCO, 2003).

## Terpenos e terpenóides

Os terpenos se destacam por serem de grande importância odorífera, contribuindo com os aromas que são extraídos das plantas e utilizados em cosméticos e alimentos. Entre os voláteis se destacam: linalol, mirreno, ocimeno,  $\beta$ -farneseno, nerolidol, carvona, mentol, geraniol e limoneno são classificados quanto à composição química em álcoois (ex. linalol, geraniol), ésteres e álcoois (ex. linalil acetato, mentol, mentil acetato), aldeídos (ex. aldeído cinâmico), cetonas (ex. carvona, tujona), fenóis (ex. eugenol, timol), éter (ex. anetol, cineol) e peróxidos (ex. ascaridol) (AQIL et al., 2007; PICHERSKY; GERSHENZON, 2002; FRANCO, 2003)

Os terpenos constituem uma das maiores classe dos produtos do metabolismo secundário. Destacam-se por atuarem nos processos de comunicação e defesa, como atrativos, polinizadores, dispersores de sementes, competitivos de fitoxinas, antibióticos e repelentes de herbívoros e toxinas (HARBORNE, 1993).

A biossíntese dos terpenóides é mediada pela Acetil-CoA para a rota do mevalonato, onde ocorre a formação do isopreno ativo, Isopentil difosfato (IPP, C<sub>5</sub>). E pelo piruvato e gliceraldeído-3-P que desencadeiam a rota do metileritritol fosfato e este leva a formação do dimetilalil difosfato (DMAPP, C<sub>5</sub>). Eventualmente os terpenos são referidos como isoprenóides que ocorre quando estes são submetidos a altas temperaturas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os isoprenos são sintetizados diretamente a partir de DMAPP por eliminação do difosfato, sendo a reação catalizada pela enzima isopreno sintase (MCGARVEY; CROTEAU, 1995). O IPP e DMAPP mediados pela enzima GPP sintase formam através da ação de preniltransferases o geranyl difosfato (GPP) que são precursores dos monoterpenos, compostos com 10 carbonos (C<sub>10</sub>). O farnesil pirofosfato (FPP) são precursores dos sesquiterpenos, intermediários com 15 carbonos (C<sub>15</sub>), e formados a partir do GPP com IPP. O geranylgeranyl difosfato (GGPP) é formado pelo FPP juntamente com o IPP, conhecidos como precursores dos diterpenos, operam de maneira similar pela sintase GGPP, através de três etapas de condensação para formar o intermediário com 20 carbonos (C<sub>20</sub>). A dimerização dos sesquiterpenos forma os triterpenos que são compostos com 30 carbonos (C<sub>30</sub>), conhecidos como precursores dos esteróides e a dimerização dos diterpenos aos tetraterpenos, compostos com 40 carbonos (C<sub>40</sub>) que são os precursores dos carotenóides (TAIZ; ZEIGER, 2009; MCGARVEY; CROTEAU, 1995).

Monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos são formados e acumulados em particular nas estruturas de inflorescência, pétalas, folhas, sementes, rizomas, dentro da casca de frutos, mais precisamente nos oleossomos ou em compartimentos especializados entre a parede celular de células vizinhas (LICHTENTHALER, 2010). Existem várias famílias de plantas que produzem voláteis de monoterpenos e sesquiterpenos como parte de óleo essencial em células especializadas como células glandulares e tricomonas glandulares. Os óleos essenciais são extraídos por destilação (arraste de vapor) e utilizados como aromatizante nos alimentos e na indústria de perfumes (JUNIOR; PINTO, 2002).

As enzimas sintases dos monoterpenos são capazes de gerar produtos acíclicos, monocíclicos e bicíclicos como olefinas, álcoois e ésteres difosfato e, tem sido isolado em plantas baixas e plantas superiores incluindo angiospermas e gimnospermas (LEEPER; VEDERAS, 2000). A grande maioria dos isoprenóides voláteis são monoterpenos acíclicos [ex. linalol, citronelol, nerol, citral, mirceno], monocíclicos [mentol, cineol, limoneno,  $\alpha$  ou  $\beta$ -felandreno,  $\alpha$ -terpineol, mentona, pulegona, p-cimeno, timol, carvacrol], bicíclicos [sabineno, tujol, careno, 1,8-cineol (eucaliptol),  $\alpha$  ou  $\beta$ -pineno, borneol, cânfora]. Os sesquiterpenos em



óleos voláteis estão em menor quantidade [ex. farnesol, bisabolol, nerolidol, zingibereno e cariofileno]. Os diterpenos pouco contribuem com os voláteis, normalmente são componentes de substâncias amargas e resinas não voláteis. Entre os de poder odoríferos podem ser destacados os acíclicos [fitol], monocíclico [canforeno] e dicíclico [geranillinalol] (LICHTENTHALER, 2010).

Na saúde humana a variedade das dietas com monoterpenos tem sido mostradas como efetivas na quimioprevenção e quimioterapia do câncer. Estudos de dietas com limoneno mostram uma inibição do desenvolvimento de neoplasmas, e a nível laboratorial tem aumentado a sobrevida de ratos com linfoma (JAMESON, 1990; DEL TORO-ARREOLA, 2005).

Os trabalhos recentes em alimentos, indicam o aumento na quantidade de alguns compostos voláteis, especialmente dos terpenos em frutas como melão e folhas de manjeriço submetidos a irradiação (BEAULIEU, 2007; IOANNIDIS; BONNER; JOHNSON, 2002). Em folhas de hortelã-menta (*M. spicata*.) existe um aumento no teor de óleo essencial que pode reforçar seu potencial defensivo (KAROUSOU et al., 1998).

### Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos, também constituintes do metabolismo secundário, são compostos que possuem um grupo fenol, ou seja, uma hidroxila funcional ligada a um anel aromático. Estes compostos são provenientes do metabolismo primário na via das pentoses fosfato, levando a eritrose 4-fosfato, que juntamente com fosfoenolpiruvato forma o ácido chiquímico. A partir deste ácido, a rota leva ao ácido fosfoenolpirúvico, ao ácido corísmico, ao ácido prefênico e por transaminação ao ácido arogênico e deste pode ser formado a tirosina ou a fenilalanina. Este último aminoácido é convertido a ácido cinâmico pela fenilalanina amônia-liase (FAL). O ácido cinâmico é precursor do ácido p-cumárico (TAIZ, ZEIGER, 2010). Também há outras rotas como a do acetato-polimalato que inicia com acetil-CoA e malonil-coenzima A, levando à formação de um complexo disputado por duas enzimas a chalcona sintase e a estilbeno sintase. A primeira enzima converge esse complexo em chalcona que é o primeiro composto na rota dos flavonóis. A segunda enzima, leva à formação de cis- ou trans- resveratrol, que são os primeiros isômeros dos estilbenos (CARVALHO; GOSMANN; SCHENKEL, 2010)

Os polifenóis são classificados quanto ao número de carbonos. Sendo assim com 6 carbonos (C6) são os fenóis simples, fenóis ácidos (C7), ácido fenilacético (C8), ácido

hidroxicinâmico e isocumarinas (C9), resveratrol e outros estilbenos (C14), chalconas, flavonóides e antocianinas (C15), lignanas (dímeros ou oligômeros) (C18), biflavonóides (C30), taninos (oligômeros ou polímeros), ligninas e flobafeno (polímeros) (VERMERRIS, NICHOLSON, 2009; GOODWIN, MERCER, 1983).

A maior representatividade dos fenólicos são os flavonóides que promovem a proteção contra os raios da luz ultravioleta e estão presentes nos vacúolos, embora também alguns são encontrados nos cromoplastos e cloroplastos (TAIZ, ZEIGER, 2009). Os fenóis também conhecidos pela sua coloração, utilizados como pigmentos, tanagem do couro, fermentação do chá-da-índia, manufatura do cacau, apresentam grande importância nutricional. Entre as propriedades de fundamental importância para a saúde humana estão as atividades antitumorais, antiinflamatórias, antioxidantes, antivirais (ZUANAZZI; MONTANHA, 2010).

As antocianinas são flavonóides conhecidos por serem coloridos estando presentes em frutas, vegetais, grãos de cereais e flores na coloração vermelho, púrpura e matizes de azul. Representadas por mais de 600 estruturas moleculares identificadas, apresentam grande importância para a indústria alimentar corante e provavelmente reforçam a qualidade dos alimentos. Recentes estudos confirmam os benefícios destes pigmentos na saúde humana que incluem proteção contra lesões hepáticas, redução da pressão sanguínea, melhoria da visão, das atividades anti-inflamatórias e antimicrobianas, inibe mutações causadas por mutagênicos de alimentos cozidos e supressão da proliferação de células cancerígenas em humanos. (KONCZAK; ZHANG, 2004).

Os compostos nitrogenados são compostos tanto do metabolismo primário quanto do secundário, sendo sintetizados por aminoácidos comuns e atuam na defesa das plantas. Destacam-se os alcalóides, glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos, aminoácidos não-protéicos e inibidores de proteinases. A presença de compostos nitrogenados deriva do metabolismo secundário sendo característicos em espécies da família Bromeliaceae (MANETTI, DELAPORTE, JÚNIOR, 2009; TAIZ, ZEIGER, 2009)

# **ARTIGO 1 – RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C) COM TECIDOS VEGETAIS DE DIFERENTES CULTIVARES *VITIS VINIFERA* E *VITIS LABRUSCA*.**

RADIATION ULTRAVIOLET OF TYPE C WITH PLANTS TISSUES OF DIFFERENT CULTIVARS *Vitis vinifera* AND *Vitis labrusca*

Taísa Ceratti Treptow<sup>1</sup>, Cláudia Kaehler Sautter<sup>2</sup>, Vanderlei Both<sup>3</sup>, Fernanda Wouters Franco<sup>4</sup>,  
Fernanda Saccomori<sup>5</sup>, Laura Gizele Mascarin<sup>6</sup>, Auri Brackmann<sup>7</sup>, Neidi Garcia Penna<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>2</sup> Docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

<sup>3</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>4</sup> Discente do curso de Farmácia da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>5</sup> Discente do curso de Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>6</sup> Discente do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>7</sup> Docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria

## **Resumo**

As uvas são conhecidas como frutos não-climatéricos, pois, possuem um declínio da taxa respiratória durante todo o período do crescimento até a senescência. Na pós-colheita existe uma perda na turgescência das bagas e desidratação das ráquis, o que denotam menor vida de prateleira deste fruto. A irradiação ultravioleta do tipo C (UV-C) sobre bagas de uvas, na dose hormética, contribuem com os efeitos antimicrobianos e nutracêuticos, porém em outros tecidos como nas ráquis das uvas, sua ação é desconhecida. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento das uvas *Vitis viniferas* e *Vitis labrusca* durante o armazenamento com diferentes doses de irradiação UV-C juntamente com os atributos fisiológicos e químicos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro doses de UV-C (0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>). As ráquis com e sem bagas e as bagas com pedúnculo das cv. Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon foram expostas individualmente às doses de irradiação. Após os tratamentos foram analisados na ráquis a perda de peso, taxa de produção de etileno, taxa respiratória, polifenóis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores. Nas bagas foi avaliado taxa de produção de etileno, taxa respiratória e polifenóis totais. As ráquis da ‘Niágara branca’ apresentaram maior perda de peso e aumentaram a taxa de produção de etileno e respiratória, se comportando como climatéricas, em contraste à ‘Trebbiano’ como não-climatérica. A possível dose hormética de 3 kJ m<sup>-2</sup> para as bagas da ‘Isabel’ estimulou em 43,8% os polifenóis totais, e nos demais tecidos das cultivares não foi

encontrada dose hormética. As ráquis com bagas irradiadas não apresentaram alterações nas taxas de produção de etileno e respiratória nem na biossíntese fenólica.

**Palavras-chave:** uva, elicitor abiótico, dose hormética, ráquis, bagas.

## **Abstract**

The grapes are known as non-climateric fruit therefore have a decline of respiratory rate throughout the growth period to senescence. In postharvest there is a loss in turgor and dehydration of the berries of the rachis, which denote the lower shelf life of fruit. Ultraviolet irradiation of type C (UV-C) on grape berries in hormetic dose, contributes to the antimicrobial effects and nutraceuticals, but in other tissues such as the rachis of grapes, its action is unknown. The objective of this study was to evaluate the behavior of grape *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* during storage with different doses of UV-C irradiation together with the physiological and chemical attributes. The experimental design was completely randomized with four doses of UV-C (0, 1, 2 and 3 kJ m<sup>-2</sup>). The rachis with and without berries and the berries with stems of cv. Niagara white, Trebbiano, Cabernet sauvignon and Isabella were individually exposed to doses of irradiation. After that, the treatments were analyzed in the rachis weight loss rate, ethylene production, respiration rate, total polyphenols, sugars and non reducing sugars. Berries were evaluated in ethylene production rate, respiratory rate and total polyphenols. The rachis of ‘Niagara white’ had a greater weight loss and increased the rate of ethylene production and respiration, behaving like conditions, in contrast to the ‘Trebbiano’ as non-climateric. The possible hormetic dose of 3 kJ m<sup>-2</sup> for the berries of ‘Isabella’ stimulated 43,8% of the total polyphenol and tissues of cultivars was not found hormetic dose. The rachis with berries irradiated showed no changes in the rates of ethylene production and respiratory or phenolic biosynthesis.

**Keywords:** grape, abiotic elicitor, hormetic dose, rachis, berries.

## **Introdução**

Os frutos são alimentos altamente perecíveis, principalmente durante o período de pós-colheita devido sua alta taxa respiratória, o que favorece o ataque de patógenos. Comumente durante o desenvolvimento do fruto o etileno endógeno auxilia na regulação do

amadurecimento com diminuição da acidez, redução da firmeza pela ação das pectinas, alterações dos carboidratos de complexos para simples, aumento da pigmentação pelo acúmulo de antocianinas e redução da adstringência pela polimerização dos compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2006; CHERVIN et al., 2004; KLUGE et al., 2002).

Os diferentes padrões respiratórios de frutos referem quanto à produção de etileno e taxa respiratória. Nessa classificação, frutos que apresentam um pico de etileno seguido de elevação da taxa respiratória são denominados climatéricos. Neste aspecto, as uvas são conhecidas como frutos não-climatéricas, esse comportamento é semelhante ao morango, onde no início do processo de maturação existe um pequeno aumento significativo na síntese de etileno (PAUL et al., 2012; BARRY; GIOVANNONI, 2007).

As uvas possuem menor vida de prateleira, sendo caracterizadas pela grande perda de turgescência das bagas e senescência por desidratação da ráquis. A uniformidade na aparência da ráquis é uma característica que somente é observada quando as uvas são destinadas para a exportação (GARCÍA-ROBLES et al., 2007). Alterações nas características organolépticas podem influenciar o poder de compra do consumidor, pois, a aparência é um dos fatores que determina a aquisição de frutas e vegetais em supermercados (MATTIUZ; DURIGAN, 2001). Deste modo, os consumidores observaram preferencialmente a baga, principalmente na tonalidade da cor o que denota visualmente o atributo sabor, porém não observam as condições da ráquis que determinam a vida de prateleira. Danos mecânicos, presença de patógenos e umidade relativa podem interferir na qualidade dessa ráquis. Também o etileno pode reduzir a vida de prateleira das frutas, pois este fitohormônio pode servir como um segundo elicitor. Os tecidos vegetais quando são submetidos a condições de estresse podem gerar a produção de etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Alguns metabólitos secundários alvos promovem o aumento das propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas (ZEVALLOS-CISNEROS, 2003). A utilização de elicitores abióticos em plantas estimula o metabolismo secundário na produção de fitoalexinas que atuam nos processos de defesa da planta. A aplicação da irradiação UV-C em bagas de uvas tem sido amplamente estudada, juntamente com a dose hormética devido seus benefícios antimicrobianos e nutracêuticos. O efeito hormético é caracterizado pela aplicação de agentes potencialmente nocivos em baixas doses em organismos vivos, levando a indução de respostas através do estresse (SHAMA; ALDERSON, 2005). A dose hormética para ação antimicrobiana em bagas foram observadas por Nigro et al. (1998), que obtiveram a inibição do crescimento de *Botritis cinerea* em uvas da cultivar Itália nas doses de 0,1 a 0,5 kJ

m<sup>-2</sup>. Quanto à dose hormética para ação nutracêutica estudos observam o aumento na concentração do resveratrol (ADRIAN et al., 2000; CANTOS et al., 2002; SAUTTER et al., 2008). Em tecidos vegetais específicos, tais como folhas de videiras, foi encontrada intensa estimulação de polifenóis pela irradiação UV-C (WANG et al., 2010). Entretanto, informações sobre o efeito deste elicitor em tecidos de lignificação como na ráquis de uva ainda não foram encontrados na literatura. Estudos com outros elicitores abióticos referem que não existem relatos que confirmem que prejudique as bagas, porém, reações como escurecimento normalmente são observadas nas ráquis (ROMANAZZI et al., 2012). As lesões na ráquis aparecem de forma irregular e nem sempre estão associadas com a dose do elicitor ou à cultivar (GABLER et al., 2010).

O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento das uvas *Vitis viniferas* e *Vitis labrusca* durante o armazenamento com diferentes doses de irradiação UV-C juntamente com os atributos fisiológicos e químicos.

## **Materiais e Métodos**

As amostras das cultivares Isabel e Niágara branca foram provenientes de Caxias do Sul - RS. A cultivar Cabernet sauvignon foi colhida em Dom Pedrito - RS, e a Trebbiano em Santana do Livramento - RS, no período de safra correspondente de janeiro a março de 2011. Após a colheita, os frutos foram transportados, acondicionados em câmaras com atmosfera refrigerada à 20 °C e umidade relativa de 90-95%. Todas as amostras foram selecionadas quanto ao estágio de maturação, ausência de danos fitopatológicos e mecânicos. Os tecidos analisados em todas as cultivares foram as ráquis sem bagas, ráquis com bagas e bagas com pedúnculo. Foram elaborados três ensaios para avaliar a interação entre a irradiação UV-C com os tecidos sendo eles, Ensaio 1 – Armazenamento e interação da UV-C sobre a ráquis sem bagas, Ensaio 2 – Armazenamento e interação da UV-C sobre a baga com pedúnculo e Ensaio 3 – UV-C sobre ráquis com e sem bagas. Os ensaios 1 e 2 foram aplicados em todas as cultivares com quatro tratamentos nas doses de 0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>. No ensaio 3 foram aplicadas as doses de 0 e 3 kJ m<sup>-2</sup> e avaliadas no 5º dia de armazenamento a 20 °C apenas nas cv. Trebbiano e Niágara branca para observar a diferença entre *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca* excluindo o efeito das antocianinas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições em todos os ensaios. A obtenção das unidades amostrais do ensaio 1 e 2 partiram de cachos de uvas que foram separados com auxílio de uma tesoura em ráquis sem bagas e bagas com pedúnculo. As massas das unidades

amostrais foram de 50 g para as ráquis sem bagas, 250 g para as bagas com pedúnculo e 300 g para ráquis com bagas. Para cicatrização dos tecidos e estabilização do metabolismo as mesmas permaneceram por 24 horas a 20 °C.

Ensaio 1 – as unidades amostrais foram expostas à irradiação UV-C e armazenadas a 20 °C para desenvolverem a resposta fisiológica. Durante o armazenamento foi avaliada a perda de peso nos dias 1, 3 e 5. Concomitantemente a produção de etileno e taxa respiratória foram mensuradas nos dias 2, 3, 4 e 5. Ao término do armazenamento as ráquis foram congeladas a -20 °C até o momento das análises químicas (açúcares redutores, açúcares não redutores e polifenóis totais).

Ensaio 2 – Os tratamentos aplicados foram do mesmo modo que o ensaio 1. Porém, durante o armazenamento a produção de etileno e taxa respiratória foram mensuradas nos dias 2, 5 e 10. Ao término do armazenamento as bagas foram separadas do pedúnculo, e congeladas independentemente a -20 °C até o momento da análise de polifenóis totais.

Ensaio 3 – Após a irradiação UV-C de 0 e 3 kJ m<sup>-2</sup> as ráquis sem bagas permaneceram cinco dias a 20 °C. As ráquis com bagas foram desengaçadas no 4º dia voltando apenas a ráquis para o armazenamento até o 5º dia a 20 °C com a finalidade de cicatrização dos tecidos. Sendo neste último dia analisadas as taxa de produção de etileno e respiratória. As amostras ainda foram congeladas a -20 °C até o momento das análises químicas (açúcares redutores, açúcares não redutores e polifenóis totais).

## Irradiação UV-C

A metodologia de irradiação foi segundo Sautter et al. (2008). As unidades amostrais foram colocadas sobre calha de alumínio reflectiva sem sobreposição dos tecidos, exceto na ráquis com bagas, seguido de exposição à radiação UV-C. A irradiação ocorreu a uma distância de 29 cm da fonte até a superfície, em câmara anti-reflectiva com fonte ultravioleta do tipo C (UV-C) (marca Phillips<sup>®</sup>, modelo TUV15W-G15T8 Longe Life, potência 15 W) e com circulação de ar a 25 °C. A irradiância de 0,787 W m<sup>-2</sup> no comprimento de onda de 254 nm foi mensurada por espectroradiômetro (marca International Light<sup>®</sup>, modelo RPS900). As doses foram calculadas através da integração do tempo de exposição e a irradiância da fonte, com uso do pacote Oringin<sup>TM</sup> versão 5.0.

## Análises fisiológicas

A perda de peso das ruis do ensaio 1 foi mensurada com auxílio de uma balança (marca Marconi<sup></sup>, modelo AL 500 C). Para determinação da produção de etileno, as ruis dos ensaios 1 e 3, foram acondicionadas em frascos de polietileno de 790 mL e as bagas do ensaio 2, em frascos de erlenmeyer de 500 mL com tampas de silicone, ambos os frascos foram fechados hermeticamente durante 12 horas a 20 C. Após esse período, duplicatas de 1 mL do *headspace* foram injetadas em cromatógrafo a gás (marca VARIAN<sup></sup>, modelo 3.400 cx) equipado com detector de ionização de chama, utilizando como padrão etileno. Por meio da concentração de etileno, da massa dos frutos, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo, foi calculada a produção de etileno para ser expressa em mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

A taxa respiratória foi avaliada pela produção de dióxido de carbono dos tecidos. Para isso, o ar do mesmo recipiente utilizado para a determinação anterior foi circulado através de um analisador de gases (marca Schele<sup></sup>, modelo AGRI-DATALOG, com fluxo de 0,4 L min<sup>-1</sup>). Por meio da concentração de CO<sub>2</sub>, do volume do espaço livre, da massa dos frutos e do tempo de fechamento, foi calculada a taxa respiratória em mL.CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

#### Análises químicas

A extração dos compostos fenólicos dos ensaios 1 e 3 foram através de trituração (1 minuto) em liquidificador (marca Philips<sup></sup>, 600 W). Para as amostras do ensaio 2 a trituração procedeu-se em ultra-turrax (marca Marconi<sup></sup>, modelo MA 102) ambos na proporção de (1:10) (m/V) em solução extratora de etanol/ácido clorídrico/água na proporção de 70/1/30 (V/V/V), seguido de centrifugação  2.372,3 g , por 15 minutos (SAUTTER et al., 2008). A determinação de polifenóis totais pelo método Singleton e Rossi (1965). A medida experimental foi feita através da curva de calibração com padrão de ácido gálico nas seguintes concentrações: 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg L<sup>-1</sup>. A leitura da absorvncia foi à 765 nm em espectrofotômetro (marca Femto<sup></sup>, modelo 600S).

Para a extração dos aares dos ensaios 1 e 3, as ruis foram secas em estufa com circulação de ar pelo período de 15 dias até peso constante  45 ± 0,5 C. Posteriormente foram trituradas em micro moinho (Marconi<sup></sup>, modelo MA-630) e armazenadas  4 C até o momento da análise. Uma alíquota de 500 g foram maceradas em 5mL de etanol (m/v) por 12 horas para extração dos aares, agitados em vortex, seguido de banho-maria até ponto de ebulição e centrifugado  2.372,3 g , por 15 minutos. O processo foi repetido, e os sobrenadantes foram combinados em um balão volumétrico ajustando o volume para 25 mL



com água destilada deionizada. Os açúcares redutores e não redutores foram feitos pelo método colorimétrico de Somogyi e Nelson (NELSON, 1944).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e através do programa estatístico Statistic 9.0.

## **Resultados e discussões**

### Ensaio 1 - Armazenamento e interação da UV-C sobre a ráquis sem bagas

Durante o período de armazenamento, as uvas continuam os mecanismos fisiológicos, principalmente a taxa respiratória, o que favorece a desidratação dos tecidos. As ráquis tendem a perder peso de 0,4 a 1,5% por hora durante a maturação (GARCÍA-ROBLES et al., 2003). Neste trabalho, após a colheita, foi possível observar que a partir do primeiro dia as ráquis controle das cv. Isabel, assim como as viníferas ‘Trebiano’ e ‘Cabernet sauvignon’ também apresentaram perda de peso em torno de 15% (Figuras 1C, 1B e 1D). Estes dados são coerentes com García-Robles et al. (2007) afirmam que a desidratação da ráquis ocorre de modo similar entre cultivares de mesa. No entanto, a cultivar Niágara branca apresentou maior amplitude na perda de peso. Possivelmente, por sua colheita precoce e alto índice pluviométrico antes da colheita, essa cultivar apresentou um potencial hídrico superior, o que favoreceu a grande perda de massa (Figura 1A). A ráquis da ‘Trebiano’ controle apresentou menor perda de massa do que os tratamentos irradiados (Figura 1B). Provavelmente, a radiação causou danos às células fragilizando os tecidos, gerando assim fissuras que facilitaram a desidratação.

A produção de etileno não foi alterada no 2º dia para todas as cultivares. No entanto, a taxa respiratória foi inibida com a irradiação na ráquis das uvas brancas. Porém, logo no 3º dia houve um restabelecimento do tecido, normalizando a taxa respiratória (Tabela 1). Segundo Perl-Treves e Perl (2002), a UV-B destrutura o fotossistema II (FS II), pois, possui uma grande quantidade de energia. Portanto, os resultados apresentados sobre essa inibição, possivelmente seja consequência dos maiores danos causados pela irradiação UV-C (12,4 eV por fóton) aos tecidos, visto que a energia é superior à UV-B (4,4 eV por fóton). A taxa de produção de etileno na ráquis da ‘Niágara branca’, na dose de 2 kJ m<sup>-2</sup>, apresentou uma redução nos dias 3 e 4, se comparados ao controle (Tabela 1).

Houve redução na taxa respiratória das ráquis de ‘Niágara branca’ e ‘Trebiano’, com diferenças significativas para ambas no 2º dia, no entanto, a ‘Isabel’ e ‘Cabernet sauvignon’

não foram afetadas pela radiação (Tabela 1). A partir do 3º dia a cv. Niágara branca estabilizou a taxa respiratória, não apresentando diferenças entre os tratamentos. No 3º dia a cv. Trebbiano apresentou aumento da taxa respiratória, sendo que a dose de  $1 \text{ kJ m}^{-2}$  foi a que sofreu menor alteração. Já no 4º dia observa-se que foi restabelecido o padrão de inibição da taxa respiratória pela radiação. Contudo, no 5º dia de armazenamento a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a radiação UV-C não afetou a taxa respiratória das ráquis de uvas brancas e tintas (Tabela 1).

## Ensaio 2 - Armazenamento e interação da UV-C sobre a baga com pedúnculo

Apenas nas bagas da ‘Niágara branca’, no 2º dia, houve um estímulo da produção de etileno pela irradiação (Tabela 2), entretanto não foi suficiente para estimular a taxa respiratória. Este aumento na concentração de etileno da ‘Niágara branca’ pode ocorrer devido ao estresse originado pelo dano mecânico ocorrido no momento do desengace das bagas. Esta cultivar apresentou um alto potencial hídrico levando a um aumento da turgescência. Durante o desengace, a alta turgescência pode facilitar os danos mecânicos o que eleva a produção de etileno. Outro fator pode ter contribuído para biossíntese de etileno seria possivelmente a susceptibilidade da própria cultivar. Na cultivar Trebbiano não houve diferença para a taxa de produção de etileno, somente no 5º dia mudanças inconsistentes entre as doses de irradiação foram observadas, indicando a necessidade de mais estudos. Na cultivar Isabel não houveram alterações nas bagas com exceção do 10º dia, onde ocorreu um aumento da produção de etileno, especialmente na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ .

A taxa respiratória não foi alterada nos dias 2 e 5 para todas as cultivares (Tabela 2). Apenas as cultivares Trebbiano e Isabel apresentaram alterações da taxa respiratória no 10º dia de armazenamento. Na cultivar Trebbiano houve uma tendência em reduzir a taxa respiratória sendo inversamente proporcional às doses de irradiação UV-C, no último dia de armazenamento. O aumento da taxa respiratória na cultivar Isabel, possivelmente seja devido ao aumento da produção de etileno, observado também no 10º dia. A cultivar Cabernet sauvignon não sofreu alterações na taxa respiratória tão pouco na produção de etileno, frente às doses de radiação UV-C e nos dias de armazenamento.

Não foi encontrada a dose hormética para todas as cultivares. No entanto, a possível dose hormética para cultivar Isabel seja de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ , pois aumentou a produção de polifenóis totais na baga (Tabela 3). Shama e Alderson (2005) revelam que o tratamento UV em

variedades de frutas causam muitas mudanças químicas, e os efeitos deletérios em diversos frutos confirmam que as doses horméticas devem ser diferentes para cada tecido e espécie.

## Ensaio 1 e 2 – Comparação entre tecidos

A uva é um fruto não-climatérico e é classificado com valores muito baixos para produção de etileno, inferiores a  $0,1 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  a  $20^\circ \text{C}$  (CANTWELL, 2001). Porém, na Figura 2A, observa-se que a ráquis da ‘Niágara branca’ ao longo do armazenamento apresentou um aumento na produção de etileno no 3 dia com valores superiores a  $1,0 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  a  $20^\circ \text{C}$ . O conseqüente aumento do etileno no 5 dia poderia indicar estado de senescência, assim como a perda de peso (Figura 1A). Todavia, tal processo pode ter sido acelerado pelo etileno autocatalítico. Esses dados sugerem que a ráquis da ‘Niágara branca’ pode se comportar como climatérica, pois, a ráquis da ‘Trebiano’ não apresentou alterações.

Na Figura 2C e 2D, com referência  cultivar Niágara branca e Trebiano, respectivamente observa-se uma redução da taxa respiratória da ráquis ao longo dos dias de armazenamento, com aumento da taxa respiratória no 5 dia da ráquis para cv. Niágara branca e redução da taxa respiratória da ráquis na ‘Trebiano’. Possivelmente, este estímulo no 5 dia da ‘Niágara branca’ seja conseqüência da alta produção de etileno da própria ráquis.

A taxa de produção de etileno nas bagas da cv. Niágara branca aumentou ao longo do armazenamento, reduzindo ao final do 10 dia, exceto na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  onde permaneceu aumentando (Figura 2E). A taxa respiratória das bagas controle apresentou um leve aumento durante o armazenamento, não sendo observado efeito da irradiação ao longo do tempo (Figura 2G). No entanto, na baga da ‘Trebiano’ não houve alterações no etileno durante o armazenamento, entretanto a taxa respiratória na baga a  $0 \text{ kJ m}^{-2}$  decaiu no 5 dia restabelecendo-se no 10 dia (Figuras 2F e 2H). Não houveram alterações na taxa respiratória com as doses de 1 e  $2 \text{ kJ m}^{-2}$ . Entretanto, na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  houve uma inibição da taxa respiratória no 10 dia (Figura 2H). Os dados (Figura 2E a 2H) demonstram comportamento não-climatérico, porém, as pequenas alterações podem ser devido ao pedúnculo presente na baga. Portanto, observa-se que a ráquis da *Vitis labrusca* ‘Niágara branca’ se comporta como climatérica, entretanto, as bagas comportam-se como não climatéricas. A ráquis sendo climatérica poderia influenciar na vida de prateleira da uva de mesa, uma vez que produzindo etileno aumenta a taxa respiratória, acelerando a senescência. Em contraponto, a *Vitis vinifera* ‘Trebiano’ apresentou características não-climatéricas tanto na ráquis quanto na baga (Figura 2F e 2H).

Entre os açúcares redutores e não redutores a irradiação UV-C não afetou as ráquis, exceto a ‘Trebiano’ que apresentou uma redução na concentração de açúcares redutores na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 3). Portanto, esta alteração, nessa cultivar, indica uma possível aceleração no metabolismo celular, visto que, os açúcares redutores são a principal fonte de substrato para formação dos polifenóis. Este fato é observado na ráquis da mesma cultivar onde houve aumento na concentração de polifenóis totais nesta mesma dose. Este mesmo comportamento também foi observado na ‘Niágara branca’ porém, diretamente proporcional às doses de irradiação. Nas ráquis da cultivar Isabel, observa-se que os polifenóis totais apresentaram tendência em reduzir, especialmente na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup>, o que indica possivelmente a utilização destes compostos nos processos de defesa contra a irradiação e espécies reativas de oxigênio (EROS) que também é gerada pela radiação nos tecidos. Porém, na baga da mesma cultivar, a mesma dose demonstrou ser a mais adequada, estimulando a síntese de polifenóis. Nas demais cultivares não houveram alterações nas bagas nem nos pedúnculos com as doses de radiação.

### Ensaio 3 – UV-C sobre ráquis com e sem bagas

As ráquis sem as bagas das cultivares Niágara branca e Trebbiano apresentaram maior taxa de produção de etileno quando comparadas as ráquis com bagas das mesmas cultivares (Tabela 4). A dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> aumentou a taxa de produção de etileno das ráquis sem as bagas. Porém, quando a irradiação ocorre com o cacho completo não ocorre alteração de taxa de produção de etileno. Isto demonstra que a radiação atingiu apenas as bagas protegendo a ráquis. Porém, a taxa respiratória não foi afetada em ambas as cultivares independentemente dos tratamentos. No entanto, no estudo de García-Robles et al. (2003) com uvas de mesa, foi observado que as ráquis sem bagas respiram a uma velocidade mais alta, o que explica sua alta susceptibilidade em se desidratar.

Nas ráquis com bagas irradiadas a 3 kJ m<sup>-2</sup>, em ambas as cultivares ocorreu uma redução dos açúcares não redutores (Tabela 4). Possivelmente seja reflexo de uma mobilização destes açúcares da ráquis para as bagas que sofreram a irradiação. Nos açúcares redutores houve uma redução nas ráquis sem bagas, possivelmente seja devido a alta taxa de produção de etileno que estimula as reações. Especialmente no tratamento irradiado a 3 kJ m<sup>-2</sup> esses açúcares podem ter sido mobilizados para a produção de polifenóis totais quando irradiadas diretamente em ambas as cultivares.

A ráquis quando é protegida pela baga não responde a irradiação, visto que, o etileno não foi estimulado e a biossíntese fenólica também não foi afetada. Entretanto, quando a ráquis foi irradiada diretamente, houve produção de polifenóis em ambas as cultivares e etileno apenas na ‘Niágara branca’. O processo de irradiação ultravioleta do tipo C, não é utilizado comercialmente, pois, se for feita a separação das bagas o processo se torna oneroso. Entretanto, se a irradiação for sobre o cacho completo, é recomendado que as bagas recubram completamente a ráquis, evitando que a irradiação atinja a mesma. Deste modo, evita-se que metabolismo se torne acelerado em *Vitis labrusca*, devido ao estímulo do etileno, aumento do degrane e conseqüentemente reduzindo a vida de prateleira da uva.

## Conclusão

A irradiação UV-C, uma opção tecnológica que aumenta os compostos fenólicos na pós-colheita, deve ser aplicada sobre o cacho completo recobrimo as ráquis. A resposta fisiológica da irradiação UV-C depende da cultivar e do tecido irradiado. Apenas as ráquis da uva *Vitis labrusca* ‘Niágara branca’ se comportaram de forma climatérica durante o armazenamento na pós-colheita. Neste estudo também foi encontrada uma possível dose hormética de 3 kJ m<sup>-2</sup> somente para a baga da cultivar Isabel. Em todas as análises desenvolvidas, a cultivar Cabernet sauvignon não respondeu aos tratamentos de irradiação UV-C.

## Literatura citada - Referências bibliográficas

ADRIAN, M. et al. Stilbene content of mature *Vitis vinifera* berries in response to UV-C elicitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 6103-6105, 2000.

BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth**, v. 26, p. 143-159, 2007.

CANTOS, E. et al. Postharvest stilbene-enrichment of Red and White Table Grape Varieties using UV-C irradiation pulses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6322-6329, 2002.

CANTWELL, M. **Properties and Recommended conditions for long-term storage of fresh fruit and vegetables**. California: Postharvest Technology – UC Davis, 2001. Disponível em: <<http://produce1.com/Common%20Names.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2012

CHERVIN, C. et al. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. **Plant Science**, v. 167, p. 1301–1305, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. Lavras: UFLA, 2006. 783p.

GABLER, F. M. et al. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 85–90, 2010.

GARCÍA-ROBLES, J. M. Estudios fisiológicos asociados a la deshidratación del raquis de uva de mesa. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 5, p. 43-59, 2003.

GARCÍA-ROBLES, J. M. Daños y desordenes fisiológicos em uva de mesa sonorenses después del preenfriado y almacenamiento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 8, p. 89-100, 2007.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiología e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Rural: Campinas, 2002. 214p.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 277-281, 2001.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NIGRO, F. et al. Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 171–181, 1998.

PERL-TREVES, R.; PERL, A. Oxidative stress: an introduction. In: INZÉ, D.; MONTAGU, M. V. **Oxidative stress in plants**: Taylor & Francis, 2002. p. 1-32.

ROMANAZZI, G. et al. Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, p. 141–147, 2012.

SAUTTER, C. K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1097-110, 2008.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900001>>. Acesso em: 31 jan. 2012.  
Doi: 10.1590/S0100-204X2008000900001.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 20, p. 144-158, 1965.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 128-136, 2005.

PAUL, V. et al. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—An overview. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 1-21, 2012.

ZEVALLOS-CISNEROS, L. The use of controlled postharvest abiotic stress as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. **Journal of food science**, v. 68, p. 1560-1565, 2003.

WANG, W. et al. Distribution of resveratrol and stilbene synthase in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon) and the effect of UV-C on its accumulation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 142-152, 2010.

Tabela 1 – Taxa respiratória e de produção de etileno da ráquis nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.

Cultivar e Tratamento	Etileno ( $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )				Respiração ( $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )											
	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias								
‘Niágara branca’																
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,196	a <sup>(1)</sup>	1,232	a	0,345	a	0,581	a	11,2	a	25,0	a	22,6	a	39,7	a
Ráquis 1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,200	a	1,023	ab	0,265	ab	0,843	a	6,8	b	22,9	a	17,8	a	42,1	a
Ráquis 2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,207	a	0,962	b	0,240	b	0,768	a	3,9	b	22,9	a	18,1	a	45,5	a
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,175	a	1,130	a	0,285	ab	0,788	a	5,6	b	23,6	a	17,3	a	41,1	a
CV (%)	6,0		9,5		12,5		13,2		39,0		3,6		11,3		5,1	
‘Trebbiano’																
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,000	a	0,000	a	0,039	a	0,026	a	37,0	a	47,7	a	45,8	a	17,9	a
Ráquis 1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,034	a	0,000	a	0,021	a	0,039	a	12,0	b	35,2	b	27,9	b	12,9	a
Ráquis 2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,041	a	0,000	a	0,023	a	0,020	a	11,0	b	40,3	ab	24,2	b	12,5	a
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,025	a	0,046	a	0,052	a	0,007	a	11,9	b	46,1	a	23,3	b	11,7	a
CV (%)	61,9		30,5		38,5		51,4		38,5		84,1		51,4		16,3	
‘Isabel’																
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,369	a	– <sup>(2)</sup>	–	–	–	0,098	a	48,8	a	–	–	–	–	37,3	a
Ráquis 1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,511	a	–	–	–	–	0,204	a	52,3	a	–	–	–	–	42,8	a
Ráquis 2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,444	a	–	–	–	–	0,200	a	48,3	a	–	–	–	–	42,5	a
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,541	a	–	–	–	–	0,161	a	51,3	a	–	–	–	–	48,6	a
CV (%)	14,2						25,8		3,3						9,3	
‘Cabernet sauvignon’																
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,139	a	–	–	–	–	0,782	a	31,2	a	–	–	–	–	37,4	a
Ráquis 1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,149	a	–	–	–	–	0,685	a	33,3	a	–	–	–	–	33,5	a
Ráquis 2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,568	a	–	–	–	–	0,915	a	31,9	a	–	–	–	–	33,8	a
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,179	a	–	–	–	–	0,471	a	32,2	a	–	–	–	–	33,6	a
CV (%)	69,2						22,7		2,4						4,7	

<sup>(1)</sup> – médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. <sup>(2)</sup> - não analisado.



Tabela 2 – Taxa respiratória e de produção de etileno das bagas com pedúnculos nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.

Cultivar e Tratamento	Etileno ( $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )			Respiração ( $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )		
	2 dias	5 dias	10 dias	2 dias	5 dias	10 dias
‘Niágara branca’						
0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,007 $b^{(1)}$	0,032 a	0,022 a	2,9 a	4,1 a	3,9 a
1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,017 a	0,032 a	0,028 a	2,3 a	4,0 a	3,3 a
2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,015 ab	0,025 a	0,019 a	3,0 a	4,1 a	3,1 a
3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,017 a	0,028 a	0,037 a	3,3 a	3,4 a	2,3 a
CV (%)	28,3	9,1	26,5	5,8	7,6	18,6
‘Trebbiano’						
0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,000 a	0,003 ab	0,005 a	2,4 a	1,4 a	2,4 a
1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,005 a	0,007 a	0,002 a	2,6 a	1,7 a	2,3 a
2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,000 a	0,001 b	0,004 a	2,4 a	1,6 a	2,1 ab
3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,001 a	0,004 ab	0,002 a	2,5 a	2,2 a	1,1 b
CV (%)	132,1	55,9	38,9	3,0	18,1	25,2
‘Isabel’						
0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,034 a	0,046 a	0,030 b	4,2 a	7,0 a	3,8 b
1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,028 a	0,069 a	0,033 ab	2,7 a	6,1 a	6,4 ab
2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,036 a	0,113 a	0,026 b	3,6 a	7,4 a	7,7 a
3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,040 a	0,096 a	0,061 a	3,8 a	4,9 a	6,2 ab
CV (%)	12,3	31,8	36,7	15,3	15,4	23,4
‘Cabernet sauvignon’						
0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,013 a	0,055 a	0,030 a	2,8 a	2,7 a	4,9 a
1 $\text{kJ m}^{-2}$	0,010 a	0,071 a	0,037 a	2,3 a	4,0 a	6,9 a
2 $\text{kJ m}^{-2}$	0,009 a	0,064 a	0,037 a	2,2 a	4,0 a	5,7 a
3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,004 a	0,050 a	0,025 a	1,5 a	3,6 a	4,2 a
CV (%)	35,1	13,7	15,5	20,3	15,3	18,3

<sup>(1)</sup> – médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 – Parâmetros químicos no 5º dia em ráquis, pedúnculo e baga nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel e Cabernet sauvignon com tratamento de irradiação UV-C e armazenamento a 20 °C.

Cultivar e Tratamento	Açúcares redutores		Açúcares não redutores		Polifenóis totais <sup>2</sup>					
	Ráquis <sup>1</sup> (mg g <sup>-1</sup> m.s.)		Ráquis (mg g <sup>-1</sup> m.s.)		Ráquis (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Pedúnculo (mg L <sup>-1</sup> )	Baga (mg L <sup>-1</sup> )			
‘Niágara branca’										
0 kJ m <sup>-2</sup>	29,9	a <sup>(3)</sup>	16,7	a	977,1	b	6561,9	a	1768,5	a
1 kJ m <sup>-2</sup>	27,3	a	8,4	a	999,2	ab	6591,7	a	1683,3	a
2 kJ m <sup>-2</sup>	26,3	a	17,5	a	1002,9	ab	6860,7	a	2028,0	a
3 kJ m <sup>-2</sup>	21,8	a	23,1	a	1075,2	a	6594,5	a	2022,8	a
CV (%)	21,6		45,2		3,9		4,2		8,1	
‘Trebbiano’										
0 kJ m <sup>-2</sup>	91,4	ab	34,5	a	929,3	b	5241,6	a	1470,0	a
1 kJ m <sup>-2</sup>	98,3	a	28,2	a	923,3	b	5220,1	a	1562,3	a
2 kJ m <sup>-2</sup>	93,2	ab	35,1	a	920,6	b	5115,1	a	1509,0	a
3 kJ m <sup>-2</sup>	79,7	b	49,8	a	1040,0	a	4957,5	a	1494,6	a
CV (%)	13,3		23,0		4,4		2,4		2,2	
‘Isabel’										
0 kJ m <sup>-2</sup>	96,6	a	20,2	a	2065,0	a	7716,6	a	1039,3	b
1 kJ m <sup>-2</sup>	76,5	a	5,8	a	2073,5	a	7474,8	a	1109,1	ab
2 kJ m <sup>-2</sup>	94,2	a	19,7	a	1985,0	a	7472,1	a	1278,2	ab
3 kJ m <sup>-2</sup>	79,1	a	12,9	a	1891,0	b	5822,8	a	1461,1	a
CV (%)	10,3		40,0		3,7		13,9		13,4	
‘Cabernet sauvignon’										
0 kJ m <sup>-2</sup>	159,4	a	58,7	a	923,8	a	5821,8	a	1995,9	a
1 kJ m <sup>-2</sup>	180,5	a	31,7	a	916,8	a	5771,7	a	1902,5	a
2 kJ m <sup>-2</sup>	163,4	a	28,3	a	913,1	a	5647,5	a	2017,3	a
3 kJ m <sup>-2</sup>	161,8	a	53,9	a	914,5	a	5702,4	a	1301,5	a
CV (%)	5,0		30,8		0,4		3,0		16,3	

<sup>(1)</sup> m.s. – miligramas de glicose por grama de matéria seca. <sup>(2)</sup> Polifenóis totais em miligrama de ácido gálico por litro de amostra. <sup>(3)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 – Taxa respiratória, produção de etileno e parâmetros químicos em ráquis com e sem bagas das cultivares Niágara branca e Trebbiano, com tratamento de irradiação UV-C armazenadas 5 dias a 20 °C.

Cultivar e Tratamento	Etileno ( $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )	Respiração ( $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ )	Açúcares reduzidos <sup>1</sup> ( $\text{mg g}^{-1} \text{m.s.}$ )	Açúcares não reduzidos ( $\text{mg g}^{-1} \text{m.s.}$ )	Polifenóis totais <sup>2</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )
‘Niágara branca’					
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,581 b <sup>3</sup>	39,7 a	29,9 ab	16,7 ab	977,1 b
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,787 a	38,0 a	21,8 b	23,1 a	1075,2 a
Ráquis com bagas 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,044 c	33,5 a	41,5 a	11,5 ab	970,2 b
Ráquis com bagas 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,024 c	29,6 a	36,5 ab	6,3 b	954,4 b
CV (%)	6,0	11,2	21,6	45,2	3,9
‘Trebbiano’					
Ráquis 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,026 a	17,9 a	91,4 b	34,5 ab	929,3 b
Ráquis 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,007 ab	11,7 a	79,7 b	49,8 a	1040,0 a
Ráquis com bagas 0 $\text{kJ m}^{-2}$	0,000 b	17,3 a	122,5 a	37,8 ab	932,2 b
Ráquis com bagas 3 $\text{kJ m}^{-2}$	0,000 b	15,0 a	101,4 ab	24,3 b	940,3 b
CV (%)	6,0	15,8	13,3	23,0	4,4

<sup>(1)</sup> m.s. – miligramas de glicose por grama de matéria seca. <sup>(2)</sup> Polifenóis totais em miligrama de ácido gálico por litro de amostra. <sup>(3)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

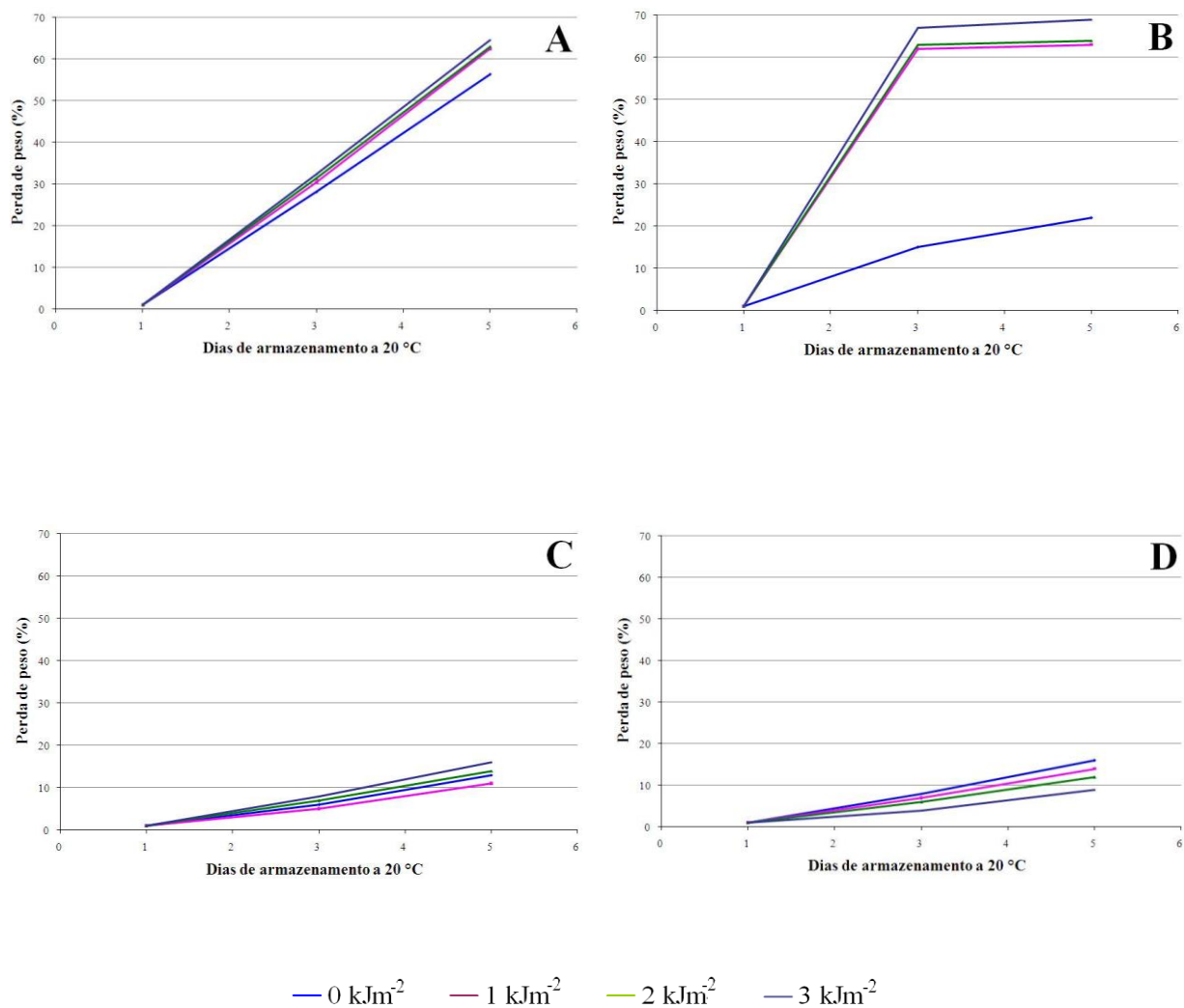


Figura 1 – Perda de peso (%) em ráquis com diferentes doses de irradiação nos dias 1, 3 e 5 de armazenamento à 20 °C nas cultivares Niágara branca, Trebbiano, Isabel, Cabernet sauvignon. A – Ráquis da ‘Niágara branca’, B – Ráquis da ‘Trebiano’, C – Ráquis da ‘Isabel’, D – Ráquis da ‘Cabernet sauvignon’

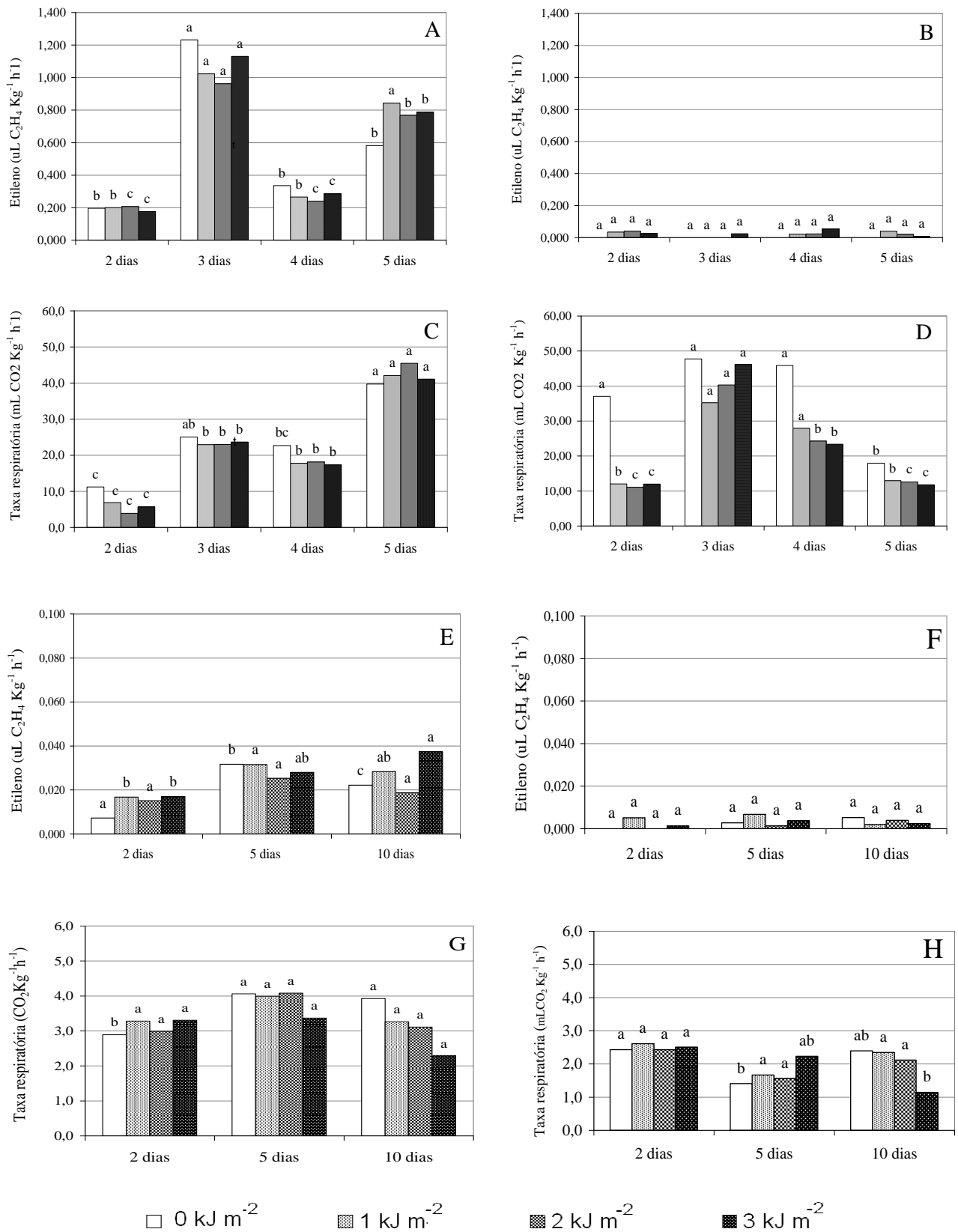


Figura 2 – Comportamento fisiológico ao longo do tempo de armazenamento dos tecidos vegetais ráquis e baga das cultivares Niágara branca e Trebbiano. <sup>(1)</sup> – médias seguidas pela mesma letra na horizontal, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A e C – Ráquis da ‘Niágara branca’, B e D – Ráquis da ‘Trebbiano’, E e G – Bagas da ‘Niágara branca’, F e H – Bagas da ‘Trebbiano’

## **ARTIGO 2 – COMPOSTOS VOLÁTEIS NA UVA ‘ISABEL’ DURANTE O ARMAZENAMENTO E SUBMETIDAS A IRRADIAÇÃO UV-C**

### **VOLATILE COMPOUNDS IN GRAPES ‘ISABELLA’ DURING STORAGE AND SUBMITTED TO UV-C IRRADIATION**

Taísa Ceratti Treptow<sup>1</sup>, Cláudia Kaehler Sautter<sup>2</sup>, Roger Wagner<sup>2</sup>, Tassiane Ferrão<sup>1</sup>, Fernanda Wouters Franco<sup>3</sup>, Rodrigo Valvassori Gindri<sup>1</sup>, Luisa Helena Rychecki Hecktheuer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria

<sup>2</sup> Docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

<sup>3</sup> Discente do curso de Farmácia da Universidade Federal de Santa Maria

#### **Resumo**

Este estudo buscou avaliar o comportamento dos compostos voláteis da cv. Isabel durante os dias 2, 5 e 10 de armazenamento a 20 °C. Identificar e quantificar os compostos voláteis em uvas irradiadas com UV-C nas doses de 0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup> seguido de cinco dias de armazenamento, avaliando a diferença e intensidade destes através de análise sensorial. Durante todo o período de armazenamento foram detectados 84 compostos voláteis, sendo no 5º dia apenas 47 compostos que após irradiação UV-C somaram-se 66 compostos voláteis. O aumento na concentração dos compostos variou conforme a dose de irradiação UV-C, contudo, entre as doses, a de 3 kJ m<sup>-2</sup> foi a mais intensificada na concentração da maioria dos grupos, principalmente nos ésteres e aldeídos. No teste de comparação pareada de diferença, os julgadores identificaram maior intensidade do aroma na amostra irradiada, no teste de ordenação não diferenciaram entre as doses de 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>, mas discriminaram a intensidade entre controle e irradiados. Porém, a análise cromatográfica revelou diferenças significativas entre as doses, especialmente a dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> que contribuiu para o acúmulo dos compostos. Nesta mesma dose, também ocorreu um aumento de 43,8% dos polifenóis totais, considerando-se esta dose hormética.

**Palavras – chave:** *Vitis labrusca*, aroma, dose hormética, elicitador abiótico

#### **Abstract**

This study sought to evaluate the behavior of volatile compounds of the cv. Isabella during days 2, 5 and 10 of storage at 20 °C. Identifying and quantifying the volatile compounds in grapes irradiated with UV-C at doses of 0, 1, 2 and 3 kJ m<sup>-2</sup> followed by five days of storage, evaluating the difference and intensity of these through sensory analysis. Throughout the storage period 84 volatile compounds were detected, and on day 5 after only 47 compounds that UV-C irradiation amounted to 66 volatile compounds. The increase in concentration of the compounds varied according to the dose of UV-C irradiation, however, among the doses, 3 kJ m<sup>-2</sup> was more enhanced in the concentration of most of the patients, especially in esters and aldehydes. In paired comparison test of the difference, the panelists identified a higher intensity of the aroma in the sample irradiated, in a ranking test they did not differ between doses of 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup>, but the intensity they discriminated between control and treated. However, chromatographic analysis revealed significant differences between doses, especially the dose of 3 kJ m<sup>-2</sup>, which contributed to the accumulation of compounds. This same dose also showed an increase of 43,8% of total polyphenols, considering this dose hormetic.

**Keywords:** *Vitis labrusca*, aroma, hormetic dose, abiotic elicitor.

## Introdução

A viticultura brasileira apresenta uma grande diversidade de cultivares, tendo destaque como regiões produtoras o sul, especialmente o Rio Grande do Sul que contribui anualmente com 777 milhões de quilos de uva e o nordeste especialmente em Pernambuco no Vale do São Francisco, que exporta 95% das uvas finas de mesa (MAPA, 2011). As cultivares híbridas *Vitis Labrusca* são conhecidas pela produção de uvas rústicas, alta produtividade e maior resistência a doenças fúngicas. O aroma, sabor e cor característicos destas cultivares determinam a maior preferência pelos consumidores (CAMARGO; MAIA, 2005).

A cultivar Isabel representa a principal uva cultivada da Região Sul do Brasil, compreendendo uma superfície de 45% do vinhedo da região. É caracterizada por uma casca tinta, maturação tardia e desuniforme (RIZZON; MENEGUZZO, 2008). Também tem como característica uma curta vida de prateleira devido ao degrane, por este motivo grande parte é destinada para a produção de sucos e vinificação. Hespanhol-Viana et al. (2007) comparando o degrane de diversas cultivares de mesa, descrevem a 'Isabel' como um exemplo de uva com fraca aderência ao pedicelo, pois apresenta a menor força necessária para separar a baga da

ráquis. A cultivar também é amplamente consumida como uva de mesa, utilizada como base na elaboração de sucos para exportação, vinhos para a destilação ou para a elaboração de vinagre, além de doces e geléias. (CAMARGO; MAIA, 2005). A comercialização de sucos de uva é crescente no mercado interno. Desde 2004, o aumento registrado é de 144% (MAPA, 2011)

Os frutos são altamente perecíveis devido ao seu alto potencial hídrico, sendo mais vulneráveis às perdas no período pós-colheita por doenças fúngicas. As metodologias para contornar o uso dos defensivos agrícolas podem incluir o uso de elicitores abióticos, que estimulam o metabolismo secundário das plantas, favorecendo a produção de substâncias químicas de defesa, conhecidas como fitoalexinas, sem deixar resíduos que ofereçam risco à saúde humana (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A radiação UV-C é um elicitador abiótico amplamente estudado devido seu estímulo na produção de compostos fenólicos benéficos à saúde humana, evitando o aparecimento das doenças cardiovasculares e do câncer (SCALBERT et al., 2005). Além disso, ainda contribuem com as características organolépticas específicas como a cor e o sabor da uva. Pesquisas recentes também vêm enfatizando o aroma visto ser uma das características de preferência dos consumidores. O aumento no aroma de uvas irradiadas tem sido observado em sucos de uva, vinhos e geléias (SAUTTER et al., 2008; BERTAGNOLLI et al., 2007; ALVES, 2006).

No suco de uvas 'Isabel' irradiadas, os julgadores relataram aromas fortes e frutados (SAUTTER et al., 2003). Por sua vez, em vinhos da cv. Trebbiano irradiados a preferência pelos degustadores foi 56,66%. O aumento do aroma observado nestes trabalhos foi através da análise sensorial por julgadores, entretanto, não foram pesquisados quais compostos voláteis específicos que foram estimulados.

Estudos com a *Vitis labrusca* 'Isabel' e compostos voláteis são pouco investigados. Santos et al. (2007) detectaram em CG-EM traços de hexanal na composição do extrato da uva 'Isabel'. Contudo, a concentração dos compostos voláteis pode ser influenciada pelas condições climáticas (DIÉGUEZ et al., 2003). Segundo Caven-Quantrill e Buglass (2008), o perfil dos voláteis são diferentes em mostos de diversas variedades de uvas, sendo afetado pelo grau de amadurecimento, onde a característica predominante do mosto está no aumento da concentração dos ésteres. Porém, não foram encontrados trabalhos que descrevam a evolução dos compostos voláteis durante a vida de prateleira da cultivar Isabel.



Os compostos voláteis são provenientes de diversas rotas metabólicas e contribuem com as características organolépticas. Pereira et al., (2008), ao conduzirem um estudo com julgadores treinados avaliando diferentes sucos de uvas, observaram que a 'Isabel' apresentou aroma mais intenso e os demais sucos apresentaram notas de oxidação. Cantos et al (2002) e Sautter (2003), ao avaliarem o comportamento do metabolismo fenólico em uvas tratadas com UV-C observaram que ocorre a concentração máxima de metabólitos secundários em torno do 4º ao 6º dia de armazenamento. Mas não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliem os aromas de uvas após a irradiação UV-C.

O objetivo do trabalho foi identificar e quantificar os compostos voláteis da *Vitis labrusca* 'Isabel' nos dias 2, 5 e 10 de armazenamento a 20 °C. Um segundo objetivo foi determinar os compostos voláteis nas diferentes doses de radiação UV-C após cinco dias de armazenamento. Assim como o estudo dos parâmetros físico-químicos da baga, do suco e análise sensorial.

## **Material e métodos**

### Amostra

A cultivar Isabel proveniente de Caxias do Sul, RS, (latitude 29°10'S, longitude 51°10'W e altitude de 817m) sofreu raleio para a maturação uniforme, tanto no tamanho das bagas quanto na coloração, sendo colhidas em fevereiro de 2011. Após a colheita, os frutos foram transportados e armazenados a 20 °C e UR de 90-95% para retirada da temperatura de campo. As bagas foram desengaçadas próximo ao pedúnculo com auxílio de uma tesoura e selecionadas aquelas com ausência de danos fitopatológicos e mecânicos, em seguida homogeneizadas para formação de unidades amostrais de 800 g. Para cicatrização do pedúnculo na baga e estabilização do metabolismo as mesmas permaneceram por 24 horas a 20 °C. O delineamento experimental para o estudo da evolução dos compostos voláteis durante o armazenamento foi inteiramente casualizado com três tratamentos nos dias 2, 5 e 10 de armazenamento e quatro repetições. Para o estudo das doses de irradiação UV-C no 5º dia de armazenamento, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos nas doses de 0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup> e quatro repetições.

Ao término de cada dia de armazenamento foram separadas alíquotas de 450 g para análise sensorial, 70 g para análises cromatográficas e 90 g para análises físico-químicas.

Posteriormente, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a -20 °C para extrações de todas as análises.

Para as análises físico-químicas, as bagas foram descongeladas, retiradas as sementes, trituradas em ultra-turrax (marca Marconi<sup>®</sup>, modelo MA 102) e centrifugadas a 2.372,3 g por 15 minutos, para análises de Sólidos Solúveis Totais (SST), acidez, açúcares redutores e não redutores. Para as análises dos polifenóis totais e antocianinas totais, as amostras foram extraídas por centrifugadas com a adição de solução extratora de etanol/ácido clorídrico/água na proporção de 70/1/30 (V/V/V).

Para a análise sensorial foi utilizado o processo de Flanzly na elaboração dos sucos, onde ocorre a maceração a frio, descrito por Sautter (2003). Este método é utilizado no processamento de sucos industriais, pois evita o aquecimento o que levaria a perda de compostos voláteis.

#### Irradiação UV-C

A metodologia de irradiação foi segundo Sautter et al. (2008). As unidades amostrais foram colocadas sobre calha de alumínio reflectiva sem sobreposição das bagas para exposição à radiação UV-C. A irradiação ocorreu a uma distância de 29 cm da fonte até a superfície, em câmara anti-reflectiva com fonte ultravioleta do tipo C (UV-C) (marca Phillips<sup>®</sup>, modelo TUV15W-G15T8 Longe Life, potência 15 W) e com circulação de ar a 25 °C. A irradiância de 0,787 W m<sup>-2</sup> no comprimento de onda de 254 nm foi mensurada por espectroradiômetro (marca International Light<sup>®</sup>, modelo RPS900). As doses foram calculadas através da integração do tempo de exposição e a irradiância da fonte, com uso do pacote Oringin<sup>TM</sup> versão 5.0.

#### Análises Cromatográficas

A extração dos compostos voláteis por microextração em fase sólida (MEFS) foi segundo Yang et al. (2009a) com algumas modificações. As amostras foram descongeladas, retiradas as sementes, trituradas em ultra-turrax (marca Marconi<sup>®</sup>, modelo MA 102) e centrifugadas a 2.372,3 g por 15 minutos. Em seguida, foram coletados 10 mL do sobrenadante, transferido para vial de 20 mL, adicionado 1 g de NaCl e 100 µL do padrão interno (4,1 µL mL<sup>-1</sup>) de 3-octanol diluído em água destilada e deionizada.

Para MEFS, a fibra utilizada foi DVB/Car/PDMS (2 cm x 50/30  $\mu\text{m}$ , Supelco). As amostras foram agitadas em  $40 \pm 0,1$  °C em banho-maria, após 10 minutos de equilíbrio entre a solução e o *headspace*, a fibra era exposta por 45 min para extração da amostra. A fibra era retirada e introduzida no injetor do CG para dessorção a 250 °C por 10 minutos em modo *splitless*.

A identificação ocorreu em CG (*Shimadzu GC 2010*) acoplado a espectrômetro de massas (*Shimadzu QP 2010 Plus*). Os analitos foram separados em uma coluna capilar CP-WAX 52 CB (60 m x 0,25 mm e 0,25  $\mu\text{m}$ ) através de uma rampa de temperatura: 35 °C por 1 min e aumentou 2 °C  $\text{min}^{-1}$  até 80 °C, a partir desta temperatura, elevou-se 4 °C  $\text{min}^{-1}$  até atingir 180 °C, aumentando 20 °C  $\text{min}^{-1}$  até 220 °C onde permaneceu por 4,5 min. A temperatura da interface foi de 250 °C. A condição do detector de massas foi por impacto de elétrons (IE) no modo de 70 eV; a temperatura da fonte de íons foi 250 °C; a taxa de varredura no modo *Scan*; monitorando os íons de 40 a 350 *m/z*. O gás hélio foi carregado em 28,2 mL  $\text{min}^{-1}$ . Na identificação dos compostos voláteis foi utilizada a série de alcanos C<sub>6</sub>-C<sub>22</sub>, comparando o espectro de massas com a biblioteca NIST. O índice de kovats foi calculado e comparado com o índice de kovats da literatura.

A quantificação dos analitos foi determinada por método semi-quantitativo em CG (marca VARIAN<sup>®</sup> modelo 3.400 cx) e detector de ionização em chamas, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, coluna ZB-WAX *plus*, de mesma natureza, tendo como gás de arraste o hidrogênio. Nesta análise também foram aplicadas as séries de alcanos C<sub>6</sub>-C<sub>22</sub> para pareação através do índice de kovats dos analitos identificados no CG/EM. A quantificação dos analitos foi expressa em equivalentes de 3-octanol.

#### Análises físico-químicas

Os SST foram mensurados por refratometria a temperatura de 20 °C. A acidez por titulometria com 10 mL da amostra em 200 mL de água isenta de CO<sub>2</sub>, titulando com hidróxido de sódio 0,1 N até o ponto de viragem em pH 8,2 com auxílio de um pHmetro. Os açúcares totais, redutores e não redutores foram feitos pelo método colorimétrico de Somogyi e Nelson (NELSON, 1944). A medida experimental de antocianinas totais feita através de curva de calibração, em um espectrofotômetro Femto<sup>®</sup> modelo 600S (mono feixe) com leitura da absorbância em 540 nm. A determinação de antocianinas totais realizada por espectrofotometria descrita por Di Stefano (1989). Os polifenóis totais pelo método Singleton

e Rossi (1965), com curva de calibração de ácido gálico nas seguintes concentrações: 50, 100, 150, 250 e 500 mg L<sup>-1</sup>.

## Análise Sensorial

O teste discriminativo de comparação pareada de diferença (ANEXO A). foi composto por 64 julgadores não treinados que receberam 2 amostras codificadas com três dígitos, água e bolacha salgada para limpar as papilas gustativas e café em pó para limpar as vias olfativas. Foi solicitado aos julgadores que marcassem a amostra mais intensa em relação ao aroma afim de, avaliar se existia diferença na intensidade do aroma do suco de uva controle e irradiado. Também foi realizado o teste discriminativo de ordenação (ANEXO B) com 64 julgadores não treinados que receberam quatro amostras codificadas com três dígitos e solicitado que ordenassem quanto a intensidade em ordem decrescente os atributos cor e aroma. Com a finalidade de observar se existia diferença nas características sensoriais do 5º dia de armazenamento com as doses 0, 1, 2 e 3 kJ m<sup>-2</sup> de irradiação UV-C. Os dados foram interpretados, no teste de comparação pareada de diferença segundo Tabela de Meilgaard (1991) e no teste de ordenação segundo Tabela de Newell e Mac Farlane (1987) descritos por Ferreira et al. (2000). Ambos os testes foram determinados com diferença de 5% no nível de probabilidade de erro. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, sob os números: 23081.020467/2010-07 e CAAE: 0388.0.243.000-10.

## Análise Estatística

Os dados obtidos nas análises físico-químicas e cromatográficas, sob delineamento paramétrico, foram submetidos ao teste de análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e através do programa estatístico Statistic 9.0. Para análise sensorial, sob delineamento não-paramétricos, foram utilizadas as tabelas de Qui-Quadrado por Newell e Mac Farlane e Meilgaard considerando 5% de probabilidade de erro.

## Resultados e discussões

### Evolução dos compostos voláteis no tempo

Durante todo o período de armazenamento foram detectados 84 compostos voláteis na cultivar Isabel. Os grupos que se destacaram foram os ésteres compreendendo 36,9%, seguidos 19,0% dos terpenos, 15,5% em álcoois, 13,1% de aldeídos, 7,1% de cetonas, 4,8% de ácidos e em menor proporção os hidrocarbonetos com 3,6% (Tabela 1). No entanto, com o armazenamento houve alteração no número de compostos. No segundo dia foram encontrados 53 compostos, sendo detectados 47 compostos no 5º e 10º dia de armazenamento. A natureza dos compostos variaram, alguns foram sintetizados e outros degradados durante o armazenamento.

Os ésteres acetato de 2-butila, hexanoato de metila, trans-2-pentenoato de etila, trans-2-octenoato de etila, malonato de etila e isobutanoato de 3-hidroxi-2,2,4-trimetilpentila foram detectados com níveis significativos no 2º dia, entretanto, não foram estimulados com o decorrer do armazenamento (Tabela 1). Já no 5º dia, foram detectados o 3-hidroxipentanoato de etila, 3-hidroxihexanoato de etila e antranilato de metila, sendo esse último um composto característico nas *Vitis labrusca* que confere o aroma foxado. A maior parte do grupo dos ésteres (51,6%) foram acumulados no último dia de armazenamento, entre eles estão o isobutirato de etila (aroma morango), acetato de isobutila (aroma floral), 2-metilbutanoato de etila (aroma de amora silvestre), isovalerato de etila (aroma de caju), acetato de isoamila (aroma de banana), trans-crotonato de etila, 2-hexenoato de etila (aroma frutado). Os ésteres tigolato de etila, cis-3-octenoato de etila e 4-hidroxibutanoato de etila foram estimulados apenas no 10º dia de armazenamento.

Durante o armazenamento grande parte dos ésteres se intensificaram, estes dados são coerentes com Yang e colaboradores (2009a), onde os ésteres são os compostos mais predominantes em cultivares *Vitis labrusca*. Entre os compostos majoritários encontrados pelo autor estão o acetato de etila, butanoato de etila, 2-butanoato de etila, hexanoato de etila e 2-hexenoato de etila. Neste trabalho, na Tabela 1, também foram encontrados o butanoato de etila (aroma doce) que apresentou uma tendência em ser acumulado no último dia de armazenamento, o hexanoato de etila (aroma frutado) intensificado no 5º dia de armazenamento e o 2-hexenoato de etila (aroma frutado) apresentou valores superiores no 10º dia.

Estudos com a fruta exótica Pequi relacionando o tempo e a temperatura de armazenamento sobre o perfil de compostos voláteis observou-se que na temperatura de 22 °C no período de 6 dias, os ésteres hexanoato de etila e octanoato de etila foram detectados em concentrações superiores (DAMIANI et al., 2009). No presente trabalho, o hexanoato de etila

(aroma de anis) foi significativamente estimulado no 5º dia de armazenamento, e o octanoato de etila (aroma frutado) apenas apresentou uma tendência de aumento da concentração durante o armazenamento com temperatura constante de  $20 \pm 1$  °C (Tabela1).

O segundo grupo que apresentou maior número de compostos foram os terpenos, destacando o 2º dia com 50% majoritários (Tabela1). Os terpenos *p*-cimeno, óxido de trans-Furan linalol, hotrienol (aroma floral), mentol (aroma hortelã-pimenta) e  $\alpha$ -cadinol (aroma amadeirado) não foram estimulados durante os dias de armazenamento. Os terpenos  $\beta$ -mirceno (aroma balsâmico) e óxido de cis-furan linalol foram acumulados apenas no 5º dia. O eucaliptol (aroma de menta) foi sintetizados no 5º dia de armazenamento reduzindo sua concentração no último dia. Já o geraniol (aroma de rosa) permaneceu, sendo acumulado até o 10º dia. Os compostos sabineno (aroma de pimenta) e nerol (aroma doce) foram estimulados apenas no 10º dia de armazenamento. O  $\alpha$ -4-terpinenol (aroma amadeirado) e o citronelol (aroma de rosa) aumentaram a concentração com o armazenamento, em contrapartida o  $\alpha$ -terpineol (aroma de anis) reduziu ao longo dos dias.

No grupo dos álcoois, o 4-metil-4-heptanol, cis-2-pentenol (aroma de cogumelo), 1-octen-3-ol (aroma de alho), 2,3-butanediol (aroma de cebola) apresentaram altas concentrações no 2º dia, contudo, não foram estimulados durante os dias de armazenamento (Tabela1). O cis-3-hexenol (aroma de grama), 1-hexanol (aroma floral) apresentaram maiores concentrações no 2º dia com redução ao longo do armazenamento. Os álcoois, butanol (aroma frutado) e 2-hexanol (aroma herbáceo) foram encontrados apenas no 5º dia de armazenamento. O pungente álcool isoamílico e o trans-2-hexenol (aroma de noz) foram estimulados apenas no 10º dia de armazenamento. O composto metilheptanol aumentou gradativamente com os dias de armazenamento, se destacando no 10º dia com maiores concentrações.

Os aldeídos podem ser sintetizados a partir de carboidratos, proteínas e lipídios, portanto, apresentam grandes diversidades de concentrações além de variar sua detecção durante a vida de prateleira. Entre os aldeídos, 54,5% destes apresentam as maiores concentrações no 2º dia (Tabela1). Compostos minoritários como o 2-metil-4-pentenal (aroma verde) e o benzaldeído (aroma de açúcar queimado), foram observados apenas no 2º dia. Os dois aldeídos majoritários na 'Isabel' são o hexanal e o trans-2-hexenal. Porém, Santos et al. (2007) detectaram traços de hexanal na composição do extrato da uva 'Isabel'. Essa diferença entre os trabalhos é devido à composição da fase estacionária, pois a coluna utilizada por Santos et al. (2007) é de natureza apolar, detectando vinte compostos, e a coluna utilizada no

presente trabalho é polar. O hexanal é muito característico em frutas, por conferir notas verdes, apresentou uma tendência de redução durante a vida de prateleira (Tabela 1). O trans-2-hexenal aldeído majoritário, com aroma de maçã, foi reduzido com o armazenamento. Em contrapartida, alguns aldeídos como 2-metil butanal (aroma amêndoa) foram estimulados ao longo do armazenamento, e o 2,4-nonadienal (aroma de melancia) sendo detectado apenas no último dia de armazenamento.

O terceiro menor grupo de voláteis apresentou no 2º dia 50% dos compostos cetônicos (Tabela1). As cetonas 3-octanona (aroma amanteigado) e 3-hidroxiбутanona (aroma amanteigado) foram encontradas somente no 2º dia. Outras duas cetonas, a metil heptenona (aroma de cogumelo) e artemisia cetona (aroma de erva) estavam presentes até o 5º dia de armazenamento. Por fim, a 3-hepten-2-ona (aroma de cominho) foi detectada apenas no último dia de armazenamento.

Somente no 10º dia de armazenamento foram estimulados os ácidos trans-2-hexenóico (aroma de levedura), ácido octanóico (aroma de queijo), ácido nonanóico (aroma verde), entretanto, se destacou apenas no 5º dia o ácido etilhexanóico (Tabela1). Provenientes do catabolismo dos ácidos graxos de cadeia curta e média.

Os hidrocarbonetos foi o grupo que apresentou o menor número de compostos. Porém, estireno (aroma pungente) e cis,cis,cis-4,6,9-nonadecatrieno aumentaram sua concentração somente no 5º dia de armazenamento. O composto 2-isopropil-3-viniloxirano foi estimulado apenas no último dia de armazenamento (Tabela1).

Segundo Fan et al. (2010) alguns compostos voláteis de grande poder odorífero, em uvas, como hexanoato de etila, octanoato de etila, decanal,  $\alpha$ -4-terpineol,  $\alpha$ -terpineol podem ser encontrados em cultivares *Vitis viniferas* como Cabernet sauvignon, Merlot, Cabernet Franc e Cabernet gersicht, estes compostos também foram encontrados na cultivar *Vitis labrusca* Isabel, exceto decanal (Tabela 1).

#### Efeito da irradiação UV-C sobre os compostos voláteis

No 5º dia de armazenamento foram encontrados 47 compostos voláteis. Porém, quando a cultivar foi submetida à irradiação UV-C foram detectados 66 compostos voláteis. Este aumento, não ocorreu necessariamente nos mesmos compostos. Entre os mais representativos estão os ésteres com 39,4%, seguido dos aldeídos 18,1%, terpenos 16,7%,

álcoois 10,6%, ácidos e cetonas com 6,0% e hidrocarbonetos 3,0%. A maior resposta foi na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> onde ocorreu um acúmulo na concentração de alguns compostos (Tabela 2).

Quanto aos ésteres foi observado um aumento na concentração dos compostos, acetato de isoamila característico com notas de banana, β-etoxypropinoato de etila e heptanoato de etila na dose de 2 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2). Outros ésteres que aumentaram, na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> incluindo o 2-metilbutanoato de etila com aroma doce e frutado; valerato de etila com notas de frutas e levedura; hexanoato de etila com aroma frutado e morango; 2-hexenoato de etila descrito como frutado a levemente pungente; acetato de butila (aroma amargo); 3-hidroxibutirato de etila; 3-hidroxihexanoato de etila (aroma fresco); e especialmente o butanoato de etila que confere aroma frutado. O composto acetato de 2-butila foi estimulado apenas na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup>.

As doses de irradiação UV-C testadas inibiram o antranilato de metila presente no tratamento controle (Tabela 2). Este composto que é descrito por notas de mel e flor, encontrado em vinhos produzidos a partir de cultivares *Vitis labrusca* e confere um aroma foxado, pouco apreciado pelos consumidores. Neste aspecto, a irradiação UV-C torna-se uma alternativa viável de baixo custo que pode contribuir para a qualidade de vinhos.

A irradiação UV-C, sendo um elicitador abiótico, causa estresse oxidativo induzindo a fenilalanina amônia-liase (FAL) e essa enzima chave regula a síntese de fenóis, incluindo o ácido salicílico sintetizado a partir do ácido cinâmico (GOODWIN; MERCER, 1993). O ácido salicílico é responsável pelos processos de sinalização de resistência sistêmica adquirida (SAR). Quando metilado, o ácido salicílico torna-se um sinalizador volátil, induzindo a SAR em outra planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Analogamente, a baga da uva também contém como álcool majoritário o etanol, quando esterificado com o ácido salicílico torna-se salicilato de etila, possivelmente também um sinalizador nos tratamentos UV-C (Tabela 2). Porém, não sendo dose dependente, sendo necessários mais estudos para confirmar esta hipótese.

Como já comentado, a UV-C estimulou a concentração dos ésteres de acordo com a dose. Pesquisas em tecidos de curbitáceas, que observaram o efeito da irradiação UV-C, em exposição pelo tempo de 15 e 60 minutos em cortes de melões frescos, obtiveram um aumento na produção dos terpenóides, que poderia ter sido induzido pela redução das fitoalexinas (LAMIKANRA; RICHARD; PARKER, 2002). Beaulieu (2007) realizou o mesmo estudo e obteve igualmente redução dos ésteres e produção de terpenos. Ambos os trabalhos não revelaram as doses utilizadas e induziram estresse em outras cultivares diferentes das consideradas neste trabalho.



Alguns dados do presente trabalho são contraditórios com Yang et al. (2009b), onde os autores pesquisaram sobre o efeito da irradiação UV-C no armazenamento por 4 semanas utilizando a dose de 0,097 kJ m<sup>-2</sup> em cultivares de pêssegos. Estes autores encontraram redução dos compostos voláteis, especialmente nos ésteres. Além da diferença de espécies, os ésteres podem não ter sido estimulados pela baixa dose de irradiação. No presente trabalho, a menor dose foi de 1 kJ m<sup>-2</sup>, apresentando pouco efeito, quando comparado à dose de 3 kJ m<sup>-2</sup>, que aparentemente estimulou a maioria dos compostos voláteis, em especial os ésteres.

No grupo dos aldeídos, o 2-metil butanal foi inibido com as doses de irradiação, entretanto, o benzaldeído foi estimulado na dose de 1 kJ m<sup>-2</sup>. Os compostos cis-3-hexenal (aroma frutado), trans-2-octenal descrito (notas de ceroso), benzalacetaldéido (aroma de mel) e 2,4-dimetilbenzaldeído (aroma de cereja) foram estimulados na maior dose 3 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2).

Alguns terpenos foram intensificados pelo elicitor abiótico, entre eles, o D-limoneno (aroma cítrico) e mentol (hortelã-pimenta) aumentaram a concentração na dose de 2 kJ m<sup>-2</sup>. Os terpenos β-mirceno (aroma balsâmico), óxido de trans-furan linalol e linalil propionato foram consideravelmente estimulados pela dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2).

Ioannidis et al. (2002) avaliaram folhas maduras de manjeriço que receberam irradiação UV-B, apesar de não revelarem a dose aplicada, obtiveram uma predominância de terpenos, sendo que o linalol reduziu a concentração mediante a irradiação. No presente trabalho a incidência de energia foi maior devido a fonte de radiação ser a UV-C, conseqüentemente o estímulo e ativação dos processos de defesa foram maiores. O linalol aumentou sua concentração na dose de 1 kJ m<sup>-2</sup> tendendo a reduzir com o aumento das doses de irradiação (Tabela 2).

Chang et al. (2009) também observaram o efeito da irradiação UV-B, onde foi aplicado 0,46 kJ m<sup>-2</sup> por 3 horas diárias num período intermitente de 2 semanas em folhas de manjeriço. Encontraram um estímulo da irradiação para os terpenos, sabineno, β-mirceno, linalol e nerol. Neste trabalho a 'Isabel' foi estimulada no 5º dia na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> à sintetizar o β-mirceno, no entanto, o linalol apesar de ser majoritário entre os terpenos apresentou tendência em reduzir sua concentração com as doses de irradiação (Tabela 2). Porém, durante o armazenamento apenas no 10º dia a 'Isabel' apresentou os terpenos sabineno (79,7 µg 100 g<sup>-1</sup>) e nerol (101,7 µg 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 1).

No grupo dos álcoois, o cis-3-hexenol (aroma grama), 1-octanol (notas queimado) e 1-hexanol foram estimulados pela dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2). Quanto aos ácidos todos foram estimulados na maior dose de irradiação, indicando maior catálise dos lipídios. Já no grupo das cetonas, a metil heptenona aumentou a concentração na menor dose utilizada. Entretanto,

a 2-heptanona (aroma frutado) e artemisia cetona (aroma de erva) foram estimuladas na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ . Contudo, a 3-hidroxiutanona que confere aroma amanteigado foi detectada apenas na maior dose.

### Análises físico-químicas

Nas análises físico-químicas no 5º dia de armazenamento da baga da cv. Isabel não houveram variações nos sólidos solúveis totais, acidez total titulável e antocianinas totais (Tabela 3). Entretanto, nos polifenóis totais houve um aumento diretamente proporcional com as doses de irradiação UV-C na casca da baga. Esses resultados indicam que possivelmente houve absorção da radiação pelas antocianinas presentes na casca, protegendo a baga. Porém, a energia excedente à essa absorção, gerou mais espécies reativas de oxigênio que estimularam a produção de polifenóis do grupo dos não-flavonóides. A ativação do metabolismo na casca também pode ser observada nos açúcares totais da casca, onde houve uma elevação dos níveis. Possivelmente, esse aumento seja pelo uso de ácidos contidos no vacúolo das células da casca para formação de glicose.

Em contraste aos resultados da casca, o suco apresentou apenas o decaimento de antocianinas totais, indicando que a irradiação atingiu apenas a casca (Tabela 3). Como a fração de casca é bem menor do que a polpa, as antocianinas produzidas na casca foram diluídas na polpa da baga quando o suco foi elaborado. Em contrapartida, os polifenóis do suco não se diferenciaram se comparados ao controle, e apresentaram uma tendência em diminuir com as doses de irradiação UV-C. Os açúcares mensurados no suco são, na maioria, provenientes da polpa e representam a maior fração na refratometria, seguido das pectinas e dos ácidos. Nos sucos os sólidos solúveis totais, reduzidos com o aumento da irradiação, indicam que podem ter sido utilizados em outras vias, ou podem ser reflexo da pectina que foi mobilizada com a irradiação UV-C ou ainda pela acidez total dos sucos, que aumentou com as doses de irradiação. Esse aumento ácido pode ser devido à degradação da pectina que gera ácido galacturônico. A degradação parcial dessa rede de pectina pode levar à geleificação em presença de íons cálcio formando um gel estável. Esse gel foi observado durante a filtração dos sucos de uvas irradiadas, portanto, diminuindo o SST no suco filtrado de acordo com a dose. Sautter (2003) também observou um aumento na acidez total de uvas ‘Isabel’ irradiadas e Franco et al. (2011) observaram alterações na textura de uvas irradiadas, onde a força de

compressão (firmeza) e a gomosidade demonstram que houve perda de força de compressão seguida de aumento de gomosidade, o que indica a formação de gel.

A relação SST/ATT do suco da 'Isabel', permaneceu dentro dos valores recomendados pela legislação entre 15,0-45,0 máximo (M.A, 1974). Contudo, houve uma redução na relação SST/ATT nas amostras que receberam as doses de irradiação, este decaimento é referente aos valores elevados na ATT nas amostras irradiadas, podendo levar ao sabor ácido (Tabela 3).

#### Análises sensoriais

No teste discriminativo de comparação pareada simples, os julgadores encontraram diferença no aroma das amostras irradiadas e não irradiadas, identificando a amostra irradiada como a mais intensa no atributo aroma (Figura 1). Os julgadores referiram a amostra irradiada com aroma forte, frutado e floral (Anexo C). Estes dados são coerentes com Sautter et al. (2003), que encontraram em suco de uva 'Isabel' irradiada relatos de aromas fortes e frutados. Em vinhos, a maior preferência foi também para o aroma das amostras irradiadas (BERTAGNOLLI et al., 2007).

Em relação ao teste discriminativo de ordenação (Tabela 4), os provadores diferenciaram a intensidade dos atributos cor e aroma nos tratamentos controle e irradiados, porém, não conseguiram diferenciar entre as doses de irradiação UV-C. No atributo aroma esta dificuldade pode ser observada no comentário das amostras com 1 e 2 kJ m<sup>-2</sup>, em que os julgadores referiram como pouco intensos e semelhantes (Anexo C). A irradiação aumentou a concentração de alguns compostos voláteis, especialmente na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2), entretanto, não foi suficiente para os provadores encontrarem esta diferença.

O atributo cor é preferência no suco da cultivar Isabel se comparado aos demais atributos (BORGES et al., 2011). Sautter et al. (2003) referem uma coloração mais intensa em suco de 'Isabel' irradiada. No entanto, no presente trabalho houve uma redução na coloração, com as doses de irradiação (Tabela 4). Estes dados são corroborados com os resultados das antocianinas totais no suco (Tabela 3), ressaltando-se ao carreamento dessas antocianinas pelo gel formado e retido na filtração.

Estas divergências entre as análises sensoriais, da literatura citada, possivelmente sejam devido às características cultivar Isabel. Esta *Vitis labrusca* possui floração fracionada, isto é, dependendo das condições climáticas e dos tratos culturais não apropriados ocorre até três florações ocasionando a maturação desuniforme das bagas dentro do mesmo cacho.

## Conclusão

No período de armazenamento foram identificados 84 compostos voláteis, sendo representativos, os ésteres e terpenos. No 5º dia de armazenamento após a irradiação UV-C houve um aumento na concentração da maioria dos grupos, principalmente em ésteres e aldeídos na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup>. O salicilato de etila pode ser um sinalizador nos tratamentos UV-C. A inibição da produção do antranilato de metila pela irradiação pode contribuir para a qualidade dos vinhos. Os julgadores referiram maior intensidade no aroma da amostra irradiada. Porém, não diferenciaram quanto a intensidade entre as doses de irradiação. A dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> é considerada hormética pois, contribui para estimular os compostos voláteis e fenólicos da baga.

## Literatura citada - Referências bibliográficas

ALVES, A. de O. **Presença de trans-resveratrol em geléias de uva e sua relação com a radiação UV**. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

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. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, p. 71-77, 2007.

BORGES, R. de S. et al. Avaliação sensorial de suco de uva cv. Isabel em cortes com diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. E, p. 584-591, 2011.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. Sistema de Produção de Uvas Rústicas para Processamento em Regiões Tropicais do Brasil. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 9, Dez. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpqv.embrapa.br/publica/sprod/UvasRusticasParaProcessamento/cultivares.htm>>. Acesso em: 09 out. 2010.

CANTOS, E. et al. Postharvest stilbene-enrichment of Red and White Table Grape Varieties using UV-C irradiation pulses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6322-6329, 2002.

CAVEN-QUANTRILL, D. J.; BUGLASS, A. J. Seasonal variation of flavor of English vineyard grapes, determined by stir-bar sorptive extraction-gas chromatography-mass spectrometry. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, p. 239-248, 2008.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Enhanced UV-B radiation alters basil (*Ocimum basilicum* L.) growth and stimulates the synthesis of volatile oils. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 1, p. 27-31, 2009.

DAMIANI, C., B. et al. Volatile compounds profile of fresh-cut peki fruit stored under different temperatures. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 435-439, 2009.

DIÉGUEZ, S. C. et al. Aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Albariño. **Lebensm-Wiss. U.-Tecnol**, v. 26, p. 585-590, 2003.

FAN, W. et al. Identificación and quantification of impact aroma compounds in 4 nonfloral *Vitis vinifera* varieties grapes. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 81-88, 2010.

FERREIRA, V. L. P. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, 2000. 127 p.

FRANCO, F. W. et al. Efeitos da irradiação UV-C sobre a textura da uva 'Trebiano'. In: XI Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 11., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, 2011.

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to Plant Biochemistry**. Pergamon Press: New York, 1983. p. 677

HESPANHOL-VIANA, L. et al. Avaliação da aderência ao pedicelo das bagas de algumas variedades de uva de mesa. **Jornal da Fruta**, v. 15, p. 2-3, 2007.

IOANNIDIS, P.; BONNER, L.; JOHNSON, C. B. UV-B is Required for Normal Development of Oil Glands in *Ocimum basilicum* L. (Sweet Basil). **Annals of Botany**, v. 90, p. 453-460, 2002.

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

M. A. Complementação dos padrões de identidade e qualidade para suco, refresco e refrigerante de: uva. P. 25-29. Publicada no D.O.U., Portaria nº 371 de 19 de setembro de 1974.

MAPA. Uva. **Ministério da Agricultura e Pecuária**, 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva>. Acesso em: 01 fev. 2012

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

PEREIRA, G. E. et al. Avaliação do potencial de cinco cultivares de videiras americanas para sucos de uva no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1531-1537, 2008.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Sistema de Produção de Destilado de Vinho. **Embrapa Uva e Vinho**, n. 16, Nov. 2008. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/DestiladoVinho/cultivares.htm>. Acesso em: 09 out. 2010.

SANTOS, J. et al. Preliminary study the influence of CO<sub>2</sub> extraction conditions on the ester, aldehyde, ketone and hydrocarbon content of grape bagasses from jam production. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 24, p. 637-642, 2007.

SAUTTER, C. K. **Avaliação da Presença de Resveratrol em Suco de Uva**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SAUTTER, C. K. et al. Análise sensorial do suco de uvas irradiadas. In: X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 2003, Bento Gonçalves **Anais...** Embrapa. Bento Gonçalves, 2003. p. 212.

SAUTTER, C. K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1097-1103, 2008.

SCALBERT, A. et al. Dietary polyphenols and the prevention of disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 287-306, 2005.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 20, p. 144-158, 1965.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

YANG, C. et al. Volatiles of grape berries evaluated at the germplasm level by headspace-SPME with GC-MS. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1106-1114, 2009a.

YANG, D. S. et al. Effect of hyperbaric, controlled atmosphere, and UV treatments on peach volatiles. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 334-341, 2009b.

Tabela 1 – Compostos voláteis em uva ‘Isabel’ aos 2, 5 e 10 dias de armazenamento a 20 °C.

Nº	Composto	IK <sup>b</sup>	IK <sup>c</sup> (ref.)	Concentração <sup>a</sup> (µg 100g <sup>-1</sup> )			Descrição <sup>f</sup>
				2º Dia	5º Dia	10º Dia	
<i>Ácido</i>							
79	Ácido etilhexanóico	1964	1965	0,0 b	32,6 a	0,0 b	
80	Ácido trans-2-Hexenóico	1947	1962	0,0 b	0,0 b	557,4 a	Levedura, gordura
81	Ácido octanóico	2057	2083	0,0 b	0,0 b	300,7 a	Suor, queijo
82	Ácido nonanóico	2125	2202	0,0 b	0,0 b	45,8 a	Verde, gordura
<i>Álcool</i>							
20	Butanol	1149	1145	0,0 b	40,7 a	0,0 b	Medicamento, fruta
26	Álcool Isoamílico	1208	1206	0,0 b	0,0 b	2250,4 a	Pungente, álcool, malte, cebola cortada, queimado, queijo
36	4-Metil-4-heptanol	1304	—	20,1 a	0,0 b	0,0 b	—
38	cis-2-Pentenol	1307	1307	39,4 a	0,0 b	0,0 b	Cogumelo, grama verde
41	1-Hexanol	1360	1360	3210,0 a	2330,2 b	95,7 c	Resina, flor, verde
42	cis-3-Hexenol	1386	1391	105,6 a	33,6 b	0,0 c	Grama
43	trans-2-Hexenol	1417	1400	0,0 b	0,0 b	103,6 a	Nogueira, manteiga cozida, verde
47	1-Octen-3-ol	1443	1445	23,8 a	0,0 b	0,0 b	Alho, borracha, cenoura, herbáceo
49	1-Heptanol	1455	1453	56,0 b	0,0 c	65,5 a	Fresco, verde tenro, agradável
50	Metilheptenol	1466	—	56,5 b	110,7 a	123,4 a	—
59	2,3-Butanediol	1579	1583	259,7 a	0,0 b	0,0 b	Fruta, cebola
61	2-Hexanol	1544	—	0,0 b	130,0 a	0,0 b	Herbáceo, pungente, couve-flor
75	Álcool benzílico	1859	1865	437,3 a	213,8c	362,5 b	Doce, flor
<i>Aldeído</i>							
2	2-Metil butanal	910	864	0,0 c	43,0 b	151,9 a	Verde, amêndoa, queimado, cacau
3	3-Metil butanal	912	912	0,0 c	82,3 a	38,2 b	Frutado, amendoado, tostado, maltado, verde, herbáceo
14	Hexanal	1084	1093	98220,8 a	46578,9 b	21720,3 c	Verde, frutado, gramíneo, herbal
17	2-Metil-4-pentenal	1141	1141	56,5 a	0,0 b	0,0 b	Verde, fruta
27	trans-2-Hexenal	1209	1209	12774,0 a	7174,7b	4179,3 b	Maçã, morango, cereja, verde, amendoado
44	Sorbaldeído	1412	—	286,1 a	137,9 b	234,5 ab	Verde
51	trans,trans-2,4-Heptadienal	1499	1401	295,3 a	250,8 b	0,0 c	Cítrico, melão, verde, canela, avelã
54	Benzaldeído	1537	1525	374,2 a	0,0 b	0,0 b	Açúcar queimado, amêndoa, amadeirado
55	trans-2-Nonenal	1544	1545	100,0 a	162,0 a	0,0 b	Verde, pepino, floral, plástico
56	2,4 - Nonadienal	1504	1549	0,0 b	0,0 b	159,5 a	Melancia
66	Benzeacetaldeído	1641	1642	373,9 b	0,0 c	412,7 a	Mel, rosa, verde, floral
<i>Cetona</i>							
8	3-Hepten-2-ona	1009	1243	0,0 b	0,0 b	13,5 a	Cominho, verde, frutado, queijo
22	2-Heptanona	1174	—	0,0 c	65,4 a	32,3 b	Frutado, coco, nozes, canela, rum
31	3-Octanona	1246	—	370,6 a	0,0 b	0,0 b	Amanteigado, apimentado, banana, verde, terra, cogumelo
34	3-Hidroxibutanona	1289	1287	478,6 a	0,0 b	0,0 b	Manteiga, creme
39	Metil heptanona	1329	1319	218,9 b	349,4 a	0,0 c	Cogumelo, vinil, borracha, amadeirado, groselha
71	Artemisia cetona	1757	1410	30,4 a	36,3 a	0,0 b	Verde, erva
<i>Éster</i>							
1	Acetato de metila	823	828	134,8 b	125,3 b	222,7 a	Fruta, solvente, groselha
4	Propanoato de etila	956	950	347,1 a	221,1 b	0,0 c	Frutado, solvente, acetona
5	Isobutirato de etila	962	965	128,8 c	482,7 b	1311,7 a	Frutado, morango, doce
6	Acetato de propila	974	976	168,0 a	0,0 b	155,0 a	Doce, fermentado, frutado, caramelo
9	Acetato de isobutila	1013	1007	31,7 c	84,5 b	245,1 a	Frutado, floral, banana-pêra
7	Acetato de 2-Butila	993	—	50,1 a	0,0 c	20,4 b	—
10	Butanoato de etila	1038	1036	6010,8 b	5348,4 b	8716,8 a	Frutado, abacaxi, acetona, caramelo
11	2-Metilbutanoato de etila	1054	1056	68,3 c	185,0 b	716,4 a	Morango, amora, maçã verde
12	Isovalerato de etila	1072	1070	0,0 c	226,4 b	1610,4 a	Cajú, frutado, anis, maçã, groselha

(Continua)

Nº	Composto	IK <sup>b</sup>	IK <sup>c</sup> (ref.)	Concentração <sup>a</sup> (µg 100g <sup>-1</sup> )			Descrição <sup>f</sup>
				2º Dia	5º Dia	10º Dia	
13	Acetato de butila	1075	1100	104,1 a	24,3 b	110,7 a	Amargo, verde, frutado, banana
15	Acetato de isoamila	1109	1117	0,0 c	34,0 b	374,0 a	Banana
16	Valerato de etila	1127	1133	243,5 b	148,6 c	405,7 a	Levedura (fermentado), fruta
21	trans-Crotonato de etila	1161	—	1454,8 c	3410,5 b	13001,7 a	—
28	Hexanoato de metila	1229	—	2596,9 a	0,0 b	0,0 b	—
29	Hexanoato de etila	1227	1229	0,0 c	2048,4 a	183,6 b	Frutado, morango, anis, doce
32	trans-2-Pentenoato de etila	1254	—	32,7 a	0,0 b	0,0 b	—
35	Tiglatato de etila	1235	—	0,0 b	0,0 b	542,1 a	—
37	Heptanoato de etila	1321	—	21,3 b	64,6 a	0,0 c	—
40	2-Hexenoato de etila	1345	1305	950,9ab	568,7 b	1357,1 a	Frutado, levemente pungente
45	Octanoato de etila	1437	1436	145,8 b	171,5 ab	199,4 a	Frutado, gordura
52	cis-3-Octenoato de etila	1498	—	0,0 b	0,0 b	375,6 a	—
53	3-Hidroxibutirato de etila	1513	—	1564,3 a	687,3 b	1326,1 ab	—
58	trans-2-Octenoato de etila	1560	1550	84,1 a	0,0 b	0,0 b	Levedura, óleo, fruta, pungente
60	Malonato de etila	1582	—	306,7 a	0,0 b	0,0 b	—
62	3-Hidroxipentanoato de etila	1585	1587	0,0 b	217,5 a	0,0 b	Frutado, à abacaxi
67	Benzoato de etila	1655	1675	90,3 b	244,4 a	0,0 c	Flor de camomila, aipo, chá
68	3-Hidroxihexanoato de etila	1622	1664	0,0 b	121,6 a	0,0 b	Fresco, frutado, verde, grama
74	Isobutanoato de 3-hidroxi-2,2,4-trimetilpentila	1869	—	367,6 a	0,0 b	0,0 b	—
76	4-Hidroxibutanoato de etila	1818	1819	0,0 b	0,0 b	40,8 a	—
77	Hidrocinnamato de etila	1889	1897	56,0 b	207,7 a	0,0 c	Floral, doce
84	Antranilato de metila	2298	2260	0,0 b	71,5 a	0,0 b	Mel, flor
<i>Hidrocarboneto</i>							
19	2-Isopropil-3-viniloxirano	1133	—	0,0 b	0,0 b	385,0 a	—
30	Estireno	1265	1261	0,0 b	71,9 a	0,0 b	Pungente, perfumado, assado
78	cis,cis,cis-4,6,9-Nonadecatrieno	1875	—	0,0 b	266,6 a	0,0 b	—
<i>Terpenóide</i>							
18	β-Mirceno	1142	1145	0,0 b	24,1 a	0,0 b	Balsâmico, pimenta
23	D-Limoneno	1186	1188	201,3 a	0,0 c	77,1 b	Cítrico, laranja, frutado, casca
24	Eucaliptol	1191	1224	0,0 c	95,1 a	47,4 b	Canforáceo, menta, alcaçuz
25	Sabineno	1188	1123	0,0 b	0,0 b	79,7 a	Pimenta, terebentina, madeira
33	p-Cimeno	1256	—	192,5 a	0,0 b	0,0 b	—
46	Óxido de trans-Furan Linalol	1439	—	116,9 a	0,0 b	0,0 b	—
48	Óxido de cis-Furan Linalol	1467	—	0,0 b	177,1 a	0,0 b	—
57	β-Linalol	1550	1551	337,9 a	234,5 b	236,7 b	Verde, floral, limão, lavanda, frutado
63	α-4-Terpinenol	1592	1593	353,3 b	428,5 a	473,1 a	Amadeirado, herbáceo, frutado,
64	Hotrienol	1603	1586	195,1 a	0,0 b	0,0 b	Fresco, notas florais
65	Mentol	1623	1626	826,3 a	0,0 b	0,0 b	Hortelã-pimenta
69	α-terpineol	1691	1688	2100,0 a	1630,0 ab	1290,0 b	Oleoso, anis, menta
70	Citronelol	1759	1762	15,0 b	40,2 ab	46,0 a	Rosa
72	Nerol	1789	1770	0,0 b	0,0 b	101,7 a	Doce
73	Geraniol	1870	1862	0,0 c	72,0 b	179,3 a	Rosa, floral, frutado, cítrico
83	α-Cadinol	2173	2132	99,5 a	0,0 b	0,0 b	Amadeirado

<sup>a</sup>Concentrações semi-quantitativas, calculadas por meio de padrão interno (3-octanol).

<sup>b,d</sup>Índices de Kovats e retenção relativos à série de alcanos C<sub>6</sub>–C<sub>22</sub> em coluna ZB-WAX Plus 60m x 0,25mm x 0,25µm.

<sup>c,e</sup>Índices de Kovats e retenção citados na literatura em coluna de Polietilenoglicol.

<sup>f</sup>Descrição do aroma baseado nos índices nos bancos de dados Flavonet e Pherobase.

<sup>g</sup>Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, no mesmo composto, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

—, Composto não detectado.



Tabela 2 – Compostos voláteis em uva ‘Isabel’ com 5 dias de armazenamento a 20 °C e irradiação UV-C.

Nº	Composto	IK <sup>b</sup>	IK <sup>c</sup> <sub>(ref.)</sub>	Concentração <sup>a</sup> (µg 100g <sup>-1</sup> )				Descrição <sup>f</sup>
				0 kJ m <sup>-2</sup>	1 kJ m <sup>-2</sup>	2 kJ m <sup>-2</sup>	3 kJ m <sup>-2</sup>	
<i>Ácido</i>								
57	Ácido hexanóico	1848	–	0,0 c	0,0 c	35,0 b	76,7 a	—
62	Anidrido butírico	1885	–	0,0 b	0,0 b	0,0 b	56,4 a	—
64	Ácido 2-etilhexanóico	1964	1965	33,0 b	0,0 c	0,0 c	105,0 a	—
65	Ácido octanóico	2057	2083	0,0 c	25,6 b	0,0 c	105,0 a	Suor, queijo
<i>Álcool</i>								
17	Butanol	1149	1145	40,7 ab	47,1 a	30,0 b	37,7 ab	Medicamento, fruta
29	1-Hexanol	1360	1360	2330,2 b	2824,0 b	2695,0 b	4284,3 a	Resina, flor, verde
30	cis-3-Hexenol	1386	1391	33,6 b	51,8 ab	0,0 c	57,8 a	Gramma
35	Metilheptenol	1466	–	110,7 a	68,2 c	81,6 b	91,3 ab	—
40	2-Hexanol	1544	–	130,0 a	102,3 b	120,1 ab	105,0 ab	Herbáceo, pungente, couve-flor
43	1-Octanol	1560	1553	0,0 c	32,7 b	0,0 c	165,0 a	Químico, metal, queimado
58	Álcool benzílico	1859	1865	213,8 a	201,8 ab	133,6 b	191,1 ab	Doce, flor
<i>Aldeído</i>								
2	2-Metil butanal	910	864	43,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	Verde, amêndoa, queimado
12	Hexanal	1084	1093	46578,9 b	55562,4 ab	44527,1 b	59250,6 a	Verde, frutado, gramíneo
16	cis-3-Hexanal	1146	1131	0,0 b	0,0 b	0,0 b	134,8 a	Verde, frutado, gramíneo
21	trans-2-Hexenal	1209	1209	7174,7 b	10736,4 a	6743,6 c	7290,2 b	Maçã, frutado, morango, verde, amendoado, herbal
31	Sorbaldeído	1412	–	137,9 c	209,5 a	196,1 ab	180,5 ab	Verde
33	trans-2-Octenal	1427	1442	0,0 b	0,0 b	0,0 b	48,6 a	Gorduroso, amêndoa, banana, doce, azedo, verde, ceroso.
37	trans,trans-2,4-Heptadienal	1499	1401	250,8 a	196,7 ab	173,3 b	173,3 b	Gordura, doce, frutado, cítrico, melão, apimentado.
39	Benzaldeído	1537	1525	0,0 b	374,2 a	0,0 b	0,0 b	Açúcar queimado, amêndoa, amadeirado
41	trans-2-Nonenal	1544	1545	162,0 b	190,0 ab	195,3 ab	208,3 a	Verde, gorduroso, seboso, pepino, floral, doce, molhado
44	trans-,cis-2,6-nonadienal	1581	1597	53,3 b	53,3 b	86,7 a	80,0 a	Pepino, melão
49	Benzeacetaldeído	1641	1642	0,0 b	0,0 b	0,0 b	143,4 a	Mel, doce, rosa, verde, gorduroso, floral
56	2,4-Dimetilbenzaldeído	1827	–	0,0 b	0,0 b	0,0 b	27,1 a	Naftalina, cereja, amêndoa, pimenta, baunilha
<i>Cetona</i>								
19	2-Heptanona	1174	–	65,4 b	92,1 ab	0,0 c	177,8 a	Frutado, apimentado, doce, coco, amadeirado, ceroso
24	3-Hidroxibutanona	1289	1287	0,0 b	0,0 b	0,0 b	220,0 a	Manteiga, creme
27	Metil heptanona	1329	1319	349,4 a	312,6 ab	0,0 c	138,6 b	Cogumelo, vinil, borracha, amadeirado, groselha
52	Artemisia cetona	1757	1410	36,3 b	0,0 c	40,7 ab	53,2 a	Verde, erva
<i>Éster</i>								
1	Acetato de metila	823	828	125,3 c	145,4 b	171,9 b	496,0 a	Fruta, solvente, groselha
3	Propanoato de etila	956	950	221,1 c	241,7 c	302,7 b	658,8 a	Frutado, solvente, acetona
4	Isobutirato de etila	962	965	482,7 c	455,2 c	508,8 b	961,0 a	Frutado, morango, doce
5	Acetato de propila	974	976	0,0 c	161,8 b	194,8 a	181,0 ab	Doce, fermentado, frutado, caramelo
6	Acetato de 2-Butila	993	–	0,0 b	0,0 b	0,0 b	22,0 a	—
7	Acetato de isobutila	1013	1007	84,5 b	79,2 b	76,0 b	107,6 a	Frutado, floral, banana-pêra
8	Butanoato de etila	1038	1036	5348,4 b	5678,6 b	6133,6 b	11503,4a	Frutado, banana, morango, abacaxi, acetona, caramelo
9	2-Metilbutanoato de etila	1054	1056	185,0 b	174,7 b	174,4 b	328,8 a	Doce, frutado, morango, amora silvestre, maçã verde
10	Isovalerato de etila	1072	1070	226,4 b	170,1 b	160,6 b	316,7 a	Cajú, frutado, anis, fruta doce, maçã, groselha
11	Acetato de butila	1075	1100	24,3 b	0,0 c	35,1 b	52,8 a	Amargo, verde, frutado, banana
13	Acetato de isoamila	1109	1117	34,0 c	90,3 b	347,1 a	127,4 b	Banana

(Continua)

Nº	Composto	IK <sup>b</sup>	IK <sup>c</sup> <sub>(ref.)</sub>	Concentração <sup>a</sup> (µg 100g <sup>-1</sup> )				Descrição <sup>f</sup>
				0 kJ m <sup>-2</sup>	1 kJ m <sup>-2</sup>	2 kJ m <sup>-2</sup>	3 kJ m <sup>-2</sup>	
14	Valerato de etila	1127	1133	148,6 b	132,5 b	267,4 ab	415,2 a	Levedura (fermentado), fruta
18	trans-Crotonato de etila	1161	–	3410,5 b	4120,1 a	3690,7 a	4898,5 a	—
22	Hexanoato de etila	1227	1229	2048,4 b	0,0 c	2877,8 a	3893,7 a	Frutado, morango, anis, doce
25	β-Etoxypropinoato de etila	1317	–	0,0 c	0,0 c	172,6 a	53,6 b	—
26	Heptanoato de etila	1321	–	64,6 b	90,2 ab	105,7 a	0,0 c	—
28	2-Hexenoato de etila	1345	1305	568,7 b	780,5 ab	951,3 ab	1083,3 a	Frutado, levemente pungente
33	Octanoato de etila	1437	1436	171,5 b	173,6 b	171,0 b	265,2 a	Fruta, gordura
38	3-Hidroxi-2,4,4-trimetilpentil 2-metil-	1513	–	687,3 b	714,6 b	785,0 ab	910,0 a	—
45	3-Hidroxipentanoato de etila	1585	1587	217,5 a	86,7 c	105,0 b	95,0 bc	Frutado, à abacaxi
47	3-Hidroxihexanoato de etila	1622	1664	121,6 a	136,7 a	0,0 b	140,0 a	Fresco, frutado, verde, grama
50	Benzoato de etila	1655	1675	244,4 a	237,6 a	255,6 a	272,4 a	Flor de camomila, aipo, frutado, mofado, chá
55	Salicilato de etila	1794	–	0,0 b	21,7 a	23,7 a	20,3 a	—
60	Propanoato de 3-hidroxi-2,4,4-trimetilpentil 2-metil-	1871	–	0,0 c	133,3 b	253,3 a	160,0 ab	—
63	Hidrocinamato de etila	1889	1897	207,7 a	180,0 a	230,0 a	160,0 a	Floral, doce, agradável
66	Antranilato de metila	2298	2260	71,5 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	Mel, flor
<i>Hidrocarboneto</i>								
23	Estireno	1265	1261	71,9 b	70,3 b	70,2 b	385,2 a	Pungente, perfumado, assado
61	cis,cis,cis-4,6,9-Nonadecatrieno	1875	–	266,6 a	0,0 b	0,0 b	266,3 a	—
<i>Terpenóide</i>								
15	β-Mirceno	1142	1145	24,1 b	0,0 c	0,0 c	76,5 a	Balsâmico, must, pimenta
20	D-Limoneno	1186	1188	0,0 c	0,0 c	178,4 a	70,1 b	Cítrico, laranja, frutado, casca
34	Óxido de trans-Furan Linalol	1439	–	0,0 b	0,0 b	0,0 b	94,0 a	—
36	Óxido de cis-Furan Linalol	1467	–	177,1 a	126,2 b	128,7 b	160,9 a	—
42	β-Linalol	1550	1551	234,5 a	244,3 a	209,9 a	186,7 b	Doce, verde, floral, limão, salsa, á lavanda
46	α-4-Terpinenol	1592	1593	428,5 a	384,0 b	352,2 b	374,4 b	Amadeirado, doce, herbáceo, levedura, frutado, alcaçuz,
48	Mentol	1623	1626	0,0 b	0,0 b	425,8 a	0,0 b	Hortelã-pimenta
51	α-terpineol	1691	1688	1630,0 ab	1368,2 b	1490,8 ab	1820,2 a	Oleoso, anis, menta
53	Linalil propionato	1759	–	0,0 b	0,0 b	0,0 b	49,9 a	—
54	Citronelol	1760	1762	40,2 ab	39,0 b	23,5 c	46,3 a	Rosa
59	Geraniol	1870	1862	72,0 ab	107,0 a	0,0 c	32,1 b	Rosa, gerânio, floral, doce

<sup>a</sup>Concentrações semi-quantitativas, calculadas por meio de padrão interno (3-octanol).

<sup>b,d</sup>Índices de Kovats e retenção relativos à série de alcanos C<sub>6</sub> – C<sub>22</sub> em coluna ZB-WAX Plus 60m x 0,25mm x 0,25µm.

<sup>c,e</sup>Índices de Kovats e retenção citados na literatura em coluna de Polietilenoglicol.

<sup>f</sup>Decrição do aroma baseado nos índices nos bancos de dados Flavonet e Pherobase.

<sup>g</sup>Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, no mesmo composto volátil, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

–, Composto não detectado.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos do suco e da baga no 5º dia de armazenamento da cultivar Isabel após a irradiação UV-C.

Tratamentos	Sólidos Solúveis	Acidez Total Titulável (ATT) (g 100mL <sup>-1</sup> )	Antocianinas Totais <sup>(1)</sup> (ANTC) (mg L <sup>-1</sup> )	Polifenóis Totais <sup>(2)</sup> (PT) (mg L <sup>-1</sup> )	Açúcares Totais <sup>(3)</sup> (AT) (mg g <sup>-1</sup> m.s.)	Relação SST/ATT
	Totais (SST) °Brix					
<b>Baga</b>						
0 kJ m <sup>-2</sup>	12,8 a <sup>(4)</sup>	0,60 a	680,8 a	1039,3 b	9,4 b	–
1 kJ m <sup>-2</sup>	13,7 a	0,68 a	801,7 a	1109,1 ab	10,5 ab	–
2 kJ m <sup>-2</sup>	13,2 a	0,72 a	804,5 a	1278,2 ab	11,4 a	–
3 kJ m <sup>-2</sup>	13,0 a	0,68 a	953,3 a	1461,1 a	10,6 ab	–
CV (%)	2,7	6,6	11,9	13,4	6,8	
(g 100mL <sup>-1</sup> )						
<b>Suco</b>						
0 kJ m <sup>-2</sup>	14,0 a	0,55 c	280,1 a	1418,8 a	16,3 a	25,4 a
1 kJ m <sup>-2</sup>	13,1 ab	0,70 a	226,4 b	1419,1 a	17,0 a	18,7 b
2 kJ m <sup>-2</sup>	13,0 ab	0,71 a	209,0 b	1385,9 a	15,0 a	18,4 b
3 kJ m <sup>-2</sup>	11,8 b	0,62 b	180,1 b	1313,3 a	16,4 a	18,9 b
CV (%)	6,2	10,1	16,3	3,1	4,5	14,4

<sup>(1)</sup> Antocianinas totais em miligrama de malvidina por litro na casca da baga; <sup>(2)</sup> Polifenóis totais em miligrama de ácido gálico por litro de amostra na casca da baga; <sup>(3)</sup> m.s. – miligramas de glicose por grama de matéria seca da casca da baga; <sup>(4)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma matriz, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 – Intensidade dos atributos cor e aroma no 5º dia de armazenamento com as doses de irradiação UV-C no suco da cv. Isabel.

Tratamentos	Atributos	
	Cor	Aroma
0 kJ m <sup>-2</sup>	208 a <sup>(1)</sup>	181 a
1 kJ m <sup>-2</sup>	137 b	125 b
2 kJ m <sup>-2</sup>	126 b	136 b
3 kJ m <sup>-2</sup>	108 b	135 b

<sup>(1)</sup>– somatórios seguidos pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de ordenação segundo Newell e Mac Farlane (1987).

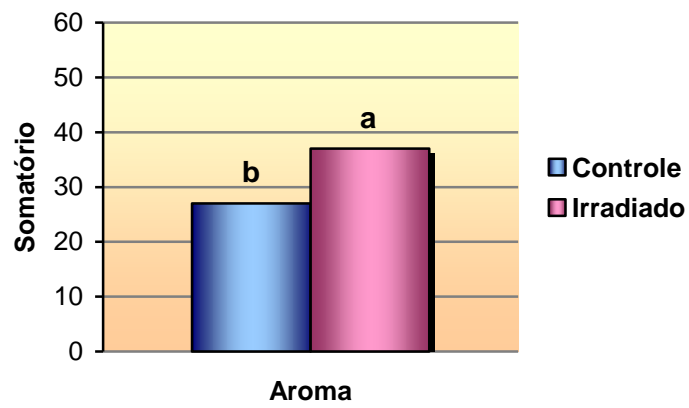


Figura 1 – Teste de comparação pareada de diferença de intensidade no aroma da uva 'Isabel' com cinco dias de armazenamento a 20 °C.

## DISCUSSÃO

Durante todo o período de armazenamento foram detectados 84 compostos voláteis na cultivar Isabel (Artigo 2 – Tabela 1). Considerando apenas o 5º dia de armazenamento estavam presentes 47 compostos voláteis (Artigo 2 – Tabela 2). Porém, quando a cultivar foi submetida a irradiação UV-C, foram detectados 66 compostos, demonstrando que houve um aumento no número de compostos voláteis, não necessariamente os mesmos. A maior resposta foi na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  onde ocorreu um acúmulo na concentração de alguns compostos, sobressaindo-se ésteres que são provenientes de todas as rotas metabólicas e aldeídos derivados do metabolismo dos carboidratos e lipídios (ESKIN, 1990; TAIZ; ZEIGER, 2010; FRANCO, 2003). Essas alterações podem ter sido causadas pela irradiação, de acordo com a hipótese inicial, e também podem ter sofrido influência do etileno proveniente dos tecidos que compõem o cacho. Para isso foram estudados os tecidos separadamente no Artigo 1.

No metabolismo da ráquis da ‘Isabel’, é possível observar no 5º dia de armazenamento que houve apenas uma leve tendência de aumento da taxa de produção de etileno com os tratamentos UV-C, porém sem diferir estatisticamente tanto na taxa de produção de etileno quanto na taxa respiratória (Artigo 1 – Tabela 1). No entanto, na ráquis da ‘Niágara branca’ houve um aumento natural na síntese de etileno com o armazenamento, o que poderia interferir nos tratamentos abióticos, pois, o etileno pode se comportar como um elicitor. Ao analisar a taxa da produção de etileno das bagas com pedúnculo da ‘Isabel’ no 5º dia, observa-se que esta é superior aos 2º e 10º dias (Artigo 1 – Tabela 2). Isto não se reflete na taxa respiratória do 10º dia, mas a leve tendência do aumento de etileno do 5º dia com as doses de irradiação pode ter colaborado para o aumento dos compostos voláteis, especialmente nas doses de 2 e  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  (Artigo 2 – Tabela 2). Sendo assim, a resposta fisiológica das amostras sob o efeito da irradiação UV-C são diferentes e dependem da cultivar e do tecido irradiado. Contudo, a irradiação no cacho completo não estimula a produção de etileno da ráquis, evitando a senescência e o degrane das bagas podendo aumentar a vida de prateleira das uvas de mesa (Artigo 1 – Tabela 4).

As bagas da cultivar Isabel, no 5º dia de armazenamento com irradiação UV-C, especialmente na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  apresentaram um aumento na concentração dos compostos fenólicos, em contrapartida, redução na ráquis e pedúnculo (Artigo 1 – Tabela 3). Com a elaboração do suco, as antocianinas foram reduzidas e polifenóis totais sofreram apenas uma

tendência de redução com a irradiação (Artigo 2 – Tabela 3). Este fato possivelmente ocorreu, pois os compostos fenólicos permaneceram retidos no filtro, devido a formação de um gel durante o processo de filtragem. Possivelmente, as pectinesterases estimuladas pela irradiação na uva favoreceram a desestruturação da parede celular levando a formação de um gel em presença de cálcio. Em pêssegos e maçãs este gel que retém o suco é denominado lanosidade e polpa farinácea, respectivamente (CHITARRA; CHITARRA, 2006). Franco et al. (2011) observaram alterações na textura de uvas irradiadas atribuído a formação de gel no 5º dia após a irradiação.

Não foi encontrada a dose hormética para todas as cultivares. No entanto, a possível dose hormética para cultivar Isabel seja de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ , pois aumentou a produção de polifenóis totais na baga (Artigo 1 – Tabela 3) e também elevou a concentração de compostos voláteis, especialmente ésteres e aldeídos (Artigo 2 – Tabela 2).

Várias rotas metabólicas são ativadas por espécies reativas de oxigênio e competem os mesmos substratos com a irradiação UV-C (PERL-TREVES; PERL, 2002). A produção de antocianinas totais na casca da baga não foi alterada, no entanto, pode ter havido formação de fenóis ácidos, como ácido salicílico (Artigo 2 – Tabela 3). Sabe-se que, o ácido salicílico forma diversos compostos fenólicos (GOODWIN; MERCER, 1983) o que confirma o aumento na produção de compostos fenólicos com a UV-C apenas na casca da baga (Artigo 1 – Tabela 3). No entanto, o ácido salicílico também serve de mediador e sinalizador, quando metilado, na resposta sistêmica adquirida (SAR). Neste trabalho, não foi encontrado o salicilato de metila, mas o salicilato de etila apenas quando a baga foi irradiada com UV-C (Artigo 2 – Tabela 2). Portanto, na cultivar Isabel, o salicilato de etila, mesmo possuindo peso molecular maior que o salicilato de metila, pode ser um sinalizador da SAR e ainda um marcador nos tratamentos com o elicitador abiótico UV-C.

## CONCLUSÃO

- A resposta fisiológica desencadeada pela irradiação UV-C depende da cultivar e do tecido irradiado. Em todas as análises desenvolvidas, a cultivar Cabernet sauvignon não respondeu aos tratamentos de irradiação UV-C;
- A ráquis uva *Vitis labrusca* ‘Niágara branca’ se comportam como climatérica, entretanto, a *Vitis vinifera* ‘Trebiano’ demonstrou características não-climatéricas, tanto na ráquis quanto na baga;
- A irradiação UV-C somente na ráquis é deletéria, porém, no cacho inteiro (ráquis com bagas) impediu a taxa de produção de etileno e como consequência a redução na vida de prateleira da uva de mesa.
- Durante o período de armazenamento os grupos representativos foram, os ésteres e terpenos e no 5º dia de armazenamento após a irradiação UV-C houve um aumento na concentração da maioria dos grupos, principalmente em ésteres e aldeídos na dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ .
- Uma possível dose hormética de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  foi determinada para a baga da cultivar Isabel quanto aos compostos voláteis (ésteres e aldeídos) e polifenóis totais.
- Neste trabalho, para a cv. Isabel, o salicilato de etila pode ser utilizado como um marcador e possível sinalizador nos tratamentos UV-C;
- O antranilato de metila foi inibido pela UV-C, reduzindo o *off-flavor*, contribuindo assim, para a qualidade de vinhos produzidos a partir de cultivares *Vitis labrusca*.
- Os julgadores observaram diferença no aroma da uva ‘Isabel’ controle e irradiada, considerando mais intensa a irradiada. Porém, não conseguiram diferenciar as amostras quanto a intensidade entre as doses, somente a cromatografia gasosa detectou tais diferenças entre os compostos voláteis e doses.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-CUVÍ, M. J. et al. Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola L.*) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 18-27, 2010.

ANVISA. Fiscalização apreende agrotóxicos adulterados na Bayer, **Ministério da Saúde**, Brasília, set. 2009. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/280909.htm>>. Acesso em: 23 out. 2010.

AQIL, M. et al. Status of terpenes as skin penetration enhancers. **Drug Discovery Today**, V. 12, n. 23/24, p.1061-1067, dez. 2007.

BAKA, M., et al. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. **Journal of Food Science**, 64, 1068–1072, 1999.

BAL, E.; KOK, D. Effects Of UV-C Treatment On Kiwifruit Quality During The Storage Period. **Journal of Central European Agriculture**, v. 10, n. 4, p. 375-382, nov. 2009.

BEAULIEU, J. Effect of UV irradiation on Cut Cantaloupe: Terpenoids and Esters. **Journal of food science**, V. 72, n.4, p.272-281, 2 set. 2007.

BEN-YEHOSHUA, S. et al. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 1217–1221, 1992.

BENGTSSON, G. B. Chlorophyll fluorescence for non-destructive measurement of flavonoids in broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p. 291–298, 2006.

BERGAMIN FILHO, A. B.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919 p.

CAMARGO, U. A. Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 4, jul. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/cultivar.htm>>. Acesso em: 09 out. 2010.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. Sistema de Produção de Uvas Rústicas para Processamento em Regiões Tropicais do Brasil. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 9, Dez. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasRusticasParaProcessamento/cultivares.htm>>. Acesso em: 09 out. 2010.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. p. 1102.

CHEN, M.; CHORY, J.; FANKHAUSER, C. Light signal transduction in higher plants. **Annu. Rev. Genet.** v. 38, p.87-117, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. Lavras: UFLA, 2006. 783p.

CIA, P. et al. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *colletotrichum gloeosporioides* em uva 'Niagara rosada'. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p.1009-1015, 2009.

CONCONI, A. et al. The octadecanoid signalling pathway in plants mediates a response to ultraviolet radiation. **Nature**, v. 383, p. 826-829, 1996.

COUTINHO, E. F. et al. Aplicação pós-colheita de luz ultravioleta (UV-C) em pêssegos cultivar Jade, armazenados em condição ambiente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.663-666, jul-ago, 2003.

DEL TORO-ARREOLA, S. et al. Effect of d-limonene on immune response in BALB/c mice with lymphoma. **International Immunopharmacology**, v. 5, p. 829 – 838, 2005.

DIFFEY, B. Ultraviolet Radiation Dosimetry and Measurement. In: ORTON, C. G. **Radiation Dosimetry- Physical and biological aspects**. New York, 1986. p. 313.

ESKIN, M. N. A. Biochemical changes in raw foods: fruits and vegetables. In: **Biochemistry of food**. San Diego: Academic, 1990. p. 69-145.

FIALHO, V. Z. B. Tratamentos físicos para o controle das doenças da fruta em substituição aos fungicidas : Uso de luz ultravioleta UV-C e de água quente. **Embrapa Uva e Vinho apresenta tecnologias na Expointer 2004**, Bento Gonçalves. <Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/noticias/2004/2004-08-27.html>>. Acesso em: 23 out. 2010.

FAO -.**Production**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 02 fev. 2012.

FRANCO, F. W. et al. Efeitos da irradiação UV-C sobre a textura da uva 'Trebiano'. In: XI Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 11., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, 2011.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Varela, 2003, 246p.

FREDERICKS, I. N.; TOIT, M. D.; KRÜGEL, M. Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines. **Food Microbiology**, v. 28, p. 510-517, 2011.

GABLER, F. M. et al. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 85–90, 2010.

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to Plant Biochemistry**. Pergamon Press: New York, 1983. p. 677

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 767–773, 2001.

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

GUERRERO, R. F. Induction of stilbenes in grapes by UV-C: Comparison of different subspecies of *Vitis*. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 231–238, 2010.

HARBORNE, J. B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. Londres: Elsevier, 1993. 318p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

IOANNIDIS, P.; BONNER, L.; JOHNSON, C. B. UV-B is Required for Normal Development of Oil Glands in *Ocimum basilicum* L. (Sweet Basil). **Annals of Botany**, v. 90, p. 453-460, 2002.

JAMESON, C. W Toxicology and Carcinogenesis Studies of d-Limonene in F-344/N rats and B6C3F1 mice (Gavage Study). **National Toxicology Program**, Estados Unidos, n. 347, Jan. 1990. Disponível em: <[http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT\\_rpts/tr347.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr347.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2012.

JÚNIOR, A, O. de. Rio Grande do Sul colhe safra de uva recorde. **IBRAVIN**, Bento Gonçalves, jul. 2011. Disponível em: <[http://www.ibravin.org.br/int\\_noticias.php?id=762&tipo=N](http://www.ibravin.org.br/int_noticias.php?id=762&tipo=N)> Acesso em: 10 jan. 2012.

JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C. O GÊNERO *Copaifera* L. **Quim. Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

KAROUSOU, R., et al. Effects of enhanced UV-B radiation on menthe *Spicata* essential oils. **Phytochemistry**, v. 49, n. 8, p. 2273-2277, 1998.

KONCZAK, I.; ZHANG, W. Anthocyanins—More Than Nature's Colours. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 5, p. 239–240, 2004.

KUHN, G. B. et al. Uva para processamento produção: Frutas do Brasil. **Embrapa Uva e Vinho**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 134p.

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

LEEPER, J.; VEDERAS, J. C. **Biosynthesis aromatic polyketides, isoprenoids, alkaloids**. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2000. 257 p.

LICHTENTHALER, H. K. Biosynthesis and Emission of isoprene, methylbutanol and other volatile plant isoprenoids. In: HERRMANN, A. **The chemistry and biology of volatiles**. John Wiley & Sons: United Kingdom, 2010. p. 402.

MANO, J. Early events in environmental stress in plants – induction mechanisms of oxidative stress. In: INZÉ, D.; MONTAGU, M. V. **Oxidative stress in plants**. Taylor & Francis, 2002. p.321.

MANETTI, L.M.; DELAPORTE, R.H.; JÚNIOR, A.L. Metabólitos secundários da família bromeliaceae. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1885-1897, Agos. 2009.

MAZZA, C. et al. The effects of solar UV-B radiation on the growth and yield of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. **Plant Cell Environ**, v. 22, n. 1, p. 61–70, jan. 1999.

MCGARVEY, D. J.; CROTEAU, R. Terpenoid metabolism. **The plant cell**, v. 7, p. 1015-1026, 1995.

MELLO, L. M. R de. Atuação do Brasil no Mercado Vitivinícola Mundial – panorama 2010. **Embrapa Uva e Vinho**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/mercextvit2010.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

MOREHOUSE, K. M.; KOMOLPRASERT, V. Irradiation of Food and Packaging: An Overview. **Food and Drug Administration**, Estados Unidos, n. 1, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/IrradiatedFoodPackaging/ucm081050.htm#ftnref1>>. Acesso em: 22 out. 2010.

NIGRO, F.; IPPOLITO, A.; LIMA, G. Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 171-181, 1998.

PAUL, V. et al. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—An overview. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 1-21, 2012.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; HOWARD, L. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Postharvest Biology and Tecnology**, v. 47, p. 280-285, 2008.

PERL-TREVES, R.; PERL, A. Oxidative stress: an introduction. In: INZÉ, D.; MONTAGU, M. V. **Oxidative stress in plants**. Taylor & Francis, 2002. p. 321.

PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. **Plant Biol**, v. 5, p. 237–224, 2002.

PONGPRASERT, N. et al. The role and mode of action of UV-C hormesis in reducing cellular oxidative stress and the consequential chilling injury of banana fruit peel. **International Food Research Journal**, v. 18, p.741-749, 2011.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Sistema de Produção de Destilado de Vinho. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, v. 16, Nov. 2008. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoDestiladoVinho/cultivares.htm>>. Acesso em: 12 out. 2010.

RUNECKLES, V. C.; KRUPA, S. V. The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. **Environmental pollution**, v. 83, p. 191-213, 1994.

SAUTTER, C. K., et al. Avaliação dos parâmetros físico-químicos do suco de uvas irradiadas. In: X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 2003, Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2003. p. 211.

SAUTTER, C. K., et al. Efeito da irradiação com luz ultravioleta tipo C e armazenamentos sobre a produção de trans-resveratrol em uva cv. Isabel. In: Congresso Ibero-Americano de Tecnologia. Pós-Colheita e Agroexportação, 4., 2005, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre, 2005.

SAUTTER, C. K., et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1097-1103, Set. 2008.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 128-136, 2005.

STEVENS, C. et al. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. **Biological Control**, v. 10, p. 98-103, 1997.

STRATMANN, J. Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. **Trends in Plant Science**, v. 8, n. 11, p. 526-533, Nov. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Engineering Fruit Aromas. **Plant physiology Online**, Estados Unidos, n. 13, set. 2006. Disponível em: <[5e.plantphys.net](http://5e.plantphys.net)>. Acesso em: 03 fev. 2012.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. **Phenolic compound biochemistry**. Springer science: USA, 2009. 276 p.

VICENTE, A. R. et al. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 69-78, 2005.

XIAODONG, L. et al. Effects of salicylic acid (SA), ultraviolet radiation (UV-B and UV-C) on trans-resveratrol inducement in the skin of harvested grape berries. **Front. Agric. China**, v. 2, n. 1, p. 77–81, 2008.

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2010, p. 1102.

WENGRAITIS, S. et al. Spectral Weighting of Solar Ultraviolet Radiation. **International Commission on illumination**, Austria, n. 2003, Jan. 2010. Disponível em: <[http://www.cie.co.at/index.php/index.php?i\\_ca\\_id=426](http://www.cie.co.at/index.php/index.php?i_ca_id=426)>. Acesso em: 18 jan. 2012

## **ANEXOS**

---



Anexo A – Modelo do teste discriminativo de comparação pareada de diferença utilizado para avaliação sensorial do suco da cultivar Isabel.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS

Nome:

Data:

243

312

Você está recebendo duas amostras codificadas. Uma amostra codificada é mais intensa no atributo **aroma**. Identifique-a com um círculo.

Comentários:

Anexo B – Modelo do teste discriminativo de ordenação utilizado para avaliação sensorial do suco da cultivar Isabel.

A seguir você estará recebendo 4 amostras de suco de uva. Observe as características sensoriais na seguinte ordem: coloração, aroma e sabor.

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA</b> <b>DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS</b> <b>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS</b>			
Nome:			Data:
Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie cada uma, colocando-as em ordem decrescente em relação a intensidade quanto ao atributo <b>coloração</b> . Ordenando da mais intensa para a menos intensa			
_____	_____	_____	_____
<b>1<sup>a</sup> + intensa</b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>	<b>4<sup>a</sup> - Intensa</b>
Comentários:			

Fonte: Instituto Adolfo Lutz, 2008

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA</b> <b>DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS</b> <b>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS</b>			
Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie cada uma, colocando-as em ordem decrescente de intensidade do atributo <b>aroma</b> . Ordenando da mais aromática a menos aromática.			
_____	_____	_____	_____
<b>1<sup>a</sup>+ aromática</b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>	<b>4<sup>a</sup> - aromática</b>
Comentários:			

Fonte: Instituto Adolfo Lutz, 2008

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA</b> <b>DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS</b> <b>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS</b>			
Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie cada uma, colocando-as em ordem decrescente de preferência quanto ao atributo <b>sabor</b> . Ordenando da mais preferida para a menos preferida			
_____	_____	_____	_____
<b>1<sup>a</sup> + saborosa</b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>	<b>4<sup>a</sup> - saborosa</b>
Comentários:			

Anexo C – Comentários na aplicação da análise sensorial no suco da cultivar Isabel

<p>Teste discriminativo de ordenação</p>	<p>0 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 557)</p> <p>1 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 319)</p> <p>2 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 628)</p> <p>3 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 736)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A intensidade da cor é semelhante entre os tratamentos;</li> <li>• A amostra 557 é mais aromática, distingui-se bem das demais;</li> <li>• A amostra 557 e 736 combinam melhor doçura e acidez;</li> <li>• Em relação ao sabor a 557 e 736 estavam parecidas, a 628 ficou mais distante de ser saborosa, talvez por já estar em ponto de fermentação;</li> <li>• As amostras 628 e 319 tem aromas pouco intensos e muito semelhantes;</li> <li>• A amostra 628 fermentada;</li> </ul>
<p>Teste discriminativo de comparação pareada de diferença</p>	<p>0 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 463)</p> <p>2 kJ m<sup>-2</sup> (Amostra 541)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A amostra 541 tem leve aroma de ácido acético;</li> <li>• A amostra 541 tem leve aroma de avinagrado;</li> <li>• A amostra 463 possui um aroma mais frutado, enquanto que a 541, um aroma fermentado, portanto, mais intenso</li> <li>• A amostra 541 tem cheiro mais ácido;</li> <li>• A amostra 541 tem aroma mais forte, enquanto a 463 é ácida na boca, parece gaseificado no início.</li> <li>• A amostra 541 é mais aberta do que a 463</li> </ul>