

Radiação UV-C na Qualidade de Hortaliças Minimamente Processadas

^{1,*} Rita de Cássia Mirela Resende Nassur, ¹ Ana Carolina Vilas Boas, ¹ Rafaella Araújo Zambaldi Lima, ¹ Luiz Carlos Oliveira Lima

¹ Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brazil

* ritarnassur@hotmail.com

Resumo: Hortaliças minimamente processadas são produtos de alta conveniência ao consumidor, porém naturalmente com curta vida útil e com menores teores de compostos bioativos quando comparados com vegetais intactos. O objetivo do trabalho foi verificar a influência da radiação UV-C na qualidade e no teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de diferentes hortaliças minimamente processadas. Nove diferentes hortaliças (tomate, cebola, pimentão, abobrinha, repolho roxo, couve-flor, cenoura, beterraba e batata) foram minimamente processadas e tratadas, ou não, com irradiação UV-C na dose de 4,10 KJ m² e em seguida armazenadas em câmara fria pelo período de 72 horas. Em seguida os parâmetros a seguir foram avaliados: coloração (L*, a*, b*, Chroma e °Hue), sólidos solúveis totais, acidez total titulável, atividade antioxidante (pelo método do DPPH e β-caroteno/ácido linoleico) e fenólicos totais. Neste trabalho a dose de irradiação utilizada não influenciou os parâmetros de qualidade avaliados, não observando-se diferença significativa em parâmetros de qualidade em nenhuma hortaliça após serem submetidas à radiação UV-C. Sugerem-se testes de controle de microrganismos e qualidade no armazenamento de hortaliças após irradiação, já que as características de qualidade desejáveis pelo consumidor não são influenciadas pela radiação UV-C.

Palavras-chaves: UV-C; compostos fenólicos, PCA; hortaliças, processamento mínimo.

UV-C Radiation on Fresh Cut Vegetables Quality: Fresh cut vegetables are products with convenience for consumers, but with a short shelf-life and lower levels of bioactive compounds, when compared to unprocessed vegetables. The aim of this study was to evaluate the influence of UV-C radiation on quality, phenolic compounds and antioxidant activity of different fresh cut vegetables. Nine different vegetables (tomato, onion, bell pepper, zucchini, red cabbage, cauliflower, carrot, beets and potato) were minimally processed and the control and irradiated (UV-C - 4,10 KJ m²) treatments were placed in a cold room for 72 hours. The following parameters were evaluated: color (L*, a*, b*, Chroma and °Hue), total soluble solids, titratable acidity, antioxidant activity (DPPH and β-carotene methods) and total phenolics. The UV-C did not influenced the quality parameters, with no significant difference between treated and control samples in vegetables after irradiation process. Tests including microbiology analysis and quality during storage of vegetables after irradiation are suggested, since the quality parameters, desirable for consumers, were not influenced.

Keywords: UV-C; phenolic compounds; PCA; vegetables; fresh cut

Recebido: 22 de Novembro de 2014; aceito: 19 de Maio de 2015, publicado: 06 de Outubro de 2015.

DOI: 10.14685/rebrapa.v6i2.200

INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças é benéfico aos consumidores pois tais vegetais representam uma importante fonte de compostos de interesse nutricional, como vitaminas, fenólicos, e outros com atividade antioxidante (LEMOINE et al., 2007). Nos últimos anos, o aumento no consumo de frutas e hortaliças tem sido relatado devido aos efeitos benéficos de compostos antioxidantes na saúde humana (PRIOR, CAO, 2000).

Produtos minimamente processados possuem a vantagem de serem convenientes para a população que pouco tempo possui para práticas culinárias e desejam alimentos prontos para o consumo, fator que promove o aumento do consumo de hortaliças minimamente processadas (LEMOINE et al., 2007). O segmento de produtos minimamente processados é um dos segmentos com maior crescimento na indústria de alimentos, que é um mercado que aumenta a demanda da indústria por novas estratégias visando a praticidade e ainda o aumento da vida útil de frutas e hortaliças. Os atributos de qualidade mais importantes que contribuem para a produção e venda desses produtos são aparência, cor, textura, flavor, valor nutricional e segurança microbiológica, os quais são determinados de acordo com a natureza da planta, estágio de maturação, tratamentos pré e pós-colheita e todas as mudanças que ocorrem nesse último período (LIN; ZHAO, 2007).

Quando hortaliças são colhidas, um estresse já é gerado no material vegetal, e quando são processadas após a colheita esses produtos tornam-se ainda mais perecíveis, já que foram submetidos a um estresse fisiológico severo devido ao descascamento, corte, fatiamento, etc. Assim, o processamento mínimo de hortaliças promove uma degradação microbiana rápida dos produtos, quando comparados com commodities que não o sofreram (LEMOINE et al., 2007). Nesse sentido, é viável avaliar se tratamentos pós-colheita, como a irradiação, podem interferir em parâmetros de qualidade da hortaliça, visando novos testes com manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil, pela redução de ataque de patógenos.

A radiação UV-C é um método físico de conservação e uma das suas principais vantagens é o aumento ou manutenção da atividade antioxidante de alimentos tratados na pós-colheita. A exposição de produtos vegetais à doses de radiação UV-C causam um estresse no tecido do vegetal que estimula a síntese de metabólitos secundários de defesa (BRAVO et al., 2012), que apresentam atividade antioxidante, tais como licopeno, antocianinas, resveratrol, entre outros.

Resultados já obtidos de aplicação da radiação UV-C em frutas e hortaliças a tem colocado com uma tecnologia promissora para diminuição ou controle de microrganismos, diminuindo perdas pós-colheita, além de manter a qualidade e em alguns casos podendo até aumentar teores de compostos de interesse, estendendo assim a vida útil de frutas e hortaliças. (STEVENS et al., 1997, BAKA et al., 1999) o que no caso de minimamente processados torna-se ainda mais interessante, já que as injúrias que esses vegetais sofrem no processamento podem fazer com que seus teores de compostos de interesse sejam diminuídos, acarretando também em uma menor vida útil.

Alguns estudos têm relatado a aplicação da radiação UV-C em hortaliças como cebolas (RODRIGUEZ et al., 2010), cenouras (ALEGRIA et al., 2012), tomate (MAHARAJ; ARU; NADEAU, 2014, BRAVO et al., 2012) e brócolis (LEMOINE et al., 2007). No entanto, estudos verificando a influência da radiação UV-C em parâmetros de qualidade, no teor de fenólicos totais, atividade antioxidante e caracterização físico-química de diferentes hortaliças ainda são necessários.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi verificar a influência da radiação UV-C na qualidade pós-colheita e no teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de diferentes hortaliças minimamente processadas, que possuem naturalmente uma vida útil reduzida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nove diferentes hortaliças (tomate, cebola, pimentão, abobrinha, repolho roxo, couve-flor, cenoura, beterraba e batata) foram adquiridas no comércio local da cidade de Lavras, Minas

Geraias e transportadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Lavras, onde foram selecionadas, sanificadas com hipoclorito de sódio a 100 mg L^{-1} e processadas de acordo com a conveniência de cada hortaliça. Utilizando-se material de inox e em sala sanificada para processamento de amostras, mantida a 17°C , tomates, beterraba, batatas, cebola e abobrinha foram cortadas em fatias de aproximadamente 0,3 cm de espessura. O pimentão foi processado em cubos de 0,5 cm de lado, o repolho roxo foi cortado em fatias de tal forma que suas folhas sobrepostas formassem após o processamento tiras com a espessura de cada folha. A cenoura foi ralada em ralador de inox para alimentos, na espessura de 0,3 cm e a couve-flor teve suas inflorescências cortadas de modo que aproximadamente 1,5 cm do caule ficasse a ela ligada. Após o processamento e sanificação, a partes comestíveis das hortaliças foram armazenadas em embalagens de polipropileno circulares com 10 centímetros de diâmetro e com tampa rígida do encaixável do mesmo polímero.

Em seguida, as hortaliças foram inseridas em uma câmara de radiação UV-C (50 cm x 50 cm x 60 cm), onde a dose de $4,10 \text{ KJ m}^{-2}$ (6 minutos de exposição) foi aplicada e medida através de um espectroradiômetro portátil (USB-850 RED TIDE) acoplado a uma sonda R400-7-VIS-NIR (US Bio Solutions Ocean Optics). Testes preliminares e foram realizados e referências bibliográficas foram consultadas para que os autores chegassem ao binômio tempo de exposição/ dose recebida. Após a medição da dose (KJ m^{-2}) através do espectroradiômetro, realizaram-se cálculos por meio da integração do tempo de exposição e da irradiância da fonte, chegando ao tempo de exposição necessário das amostras para que a dose desejada fosse aplicada. A distância entre as lâmpadas e o material irradiado dentro da câmara foi de 30 cm, acima e abaixo das hortaliças. Quatro lâmpadas fluorescentes germicidas modelo Ecolume 15W 09/11 foram utilizadas no processo.

Após o tratamento, as hortaliças minimamente processadas tratadas e controle (sem radiação) foram armazenadas em câmara fria por 3 dias para que o tratamento pudesse estabelecer

algum efeito nas hortaliças e em seguida os parâmetros a seguir foram avaliados: coloração (L^* , a^* , b^* , Chroma e $^\circ\text{Hue}$), sólidos solúveis totais, acidez total titulável, atividade antioxidante (pelo método do DPPH e β -caroteno/ácido linoleico) e fenólicos totais.

Para avaliar a coloração das diferentes hortaliças foi empregado o uso do colorímetro Minolta, modelo CR 400, no sistema da Commission Internationale de Eclairage, (CIE 1978) pesquisando-se as coordenadas L^* , a^* e b^* . A coordenada L^* mede a claridade ou luminosidade da amostra, variando entre o preto (0) e o branco (100). Os valores de a^* e b^* obtidos pela leitura das hortaliças foram empregados no cálculo da cromaticidade e da tonalidade, conforme recomendações de McGuire (1992).

Os sólidos solúveis totais das hortaliças foram determinados utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR-100, sendo os resultados expressos em %, de acordo com técnica sugerida pela AOAC (2007). A acidez titulável também foi determinada por metodologia sugerida pela AOAC (2007), realizando-se titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) do ácido predominante, de acordo com cada hortaliça.

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

A determinação da atividade antioxidante dos sucos foi realizada pelo método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, segundo Rufino et al. (2007a). Para determinar a atividade antioxidante foram empregados os extratos utilizados para determinação dos fenólicos totais e para fins de comparação com resultados da literatura, foi calculada a porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL), conforme fórmula sugerida por Duarte-Almeida et al. (2006). Neste parâmetro, valores elevados indicam uma

maior capacidade antioxidante da amostra pesquisada.

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

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em que as hortaliças com radiação UV-C e sem radiação (controle) foram avaliadas, com três repetições. Foi realizada uma análise de variância através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, assim como foram avaliadas as interações entre os materiais e tratamentos. Para uma melhor visualização dos resultados, os dados foram autoescalados e foi realizada ainda uma análise de componentes principais e um dendograma com as distâncias euclidianas indicando a similaridade entre as amostras através do programa XLStat®.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Médias de parâmetros de coloração, acidez, sólidos solúveis totais, fenólicos totais e atividade antioxidante de hortaliças minimamente processadas estão apresentados na Tabela 1. Em relação aos parâmetros de qualidade neste trabalho avaliados, efeitos estatisticamente significativos em relação à aplicação de UV-C não foram observados. Assim, na Tabela 1 é possível observar as médias dos parâmetros de qualidade avaliados para cada hortaliça.

O valor L^* , que indica a luminosidade do material vegetal e varia de 0 (mais escuro) a 100 (mais claro) foi diferente entre os materiais avaliados, com maiores valores para couve-flor e abobrinha e menores valores para tomate, beterraba e pimentão. A coordenada a^* , que expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde (a^* mais negativo = mais verde; a^* mais positivo = mais vermelha), mostrou-se diferente entre as hortaliças, com maiores valores para cenoura e tomate e menores valores para abobrinha, e couve-flor. A coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo (b^* mais negativo = mais azul; b^* mais

positivo = mais amarelo), podendo-se observar maiores valores para cenoura e menores valores para repolho roxo e beterraba, como já era esperado, de acordo com a natureza de cada material vegetal.

Os valores de Chroma indicam a relação entre os valores de a^* e b^* , com o qual se obtém a cor real da amostra, ou sua intensidade. Maiores valores de Chroma foram observados em cenouras e tomates, tratados ou não com radiação UV-C e uma menor intensidade para hortaliças de cor mais clara, como cebola e repolho. O ângulo é obtido por meio de cálculo das variáveis a^* e b^* e valores mais próximos de 360° indicam um fruto com coloração arroxeada, próximos a 90° coloração amarelada e próximos a 180° com coloração esverdeada. Assim, maiores valores foram observados em repolho roxo e os menores em beterraba (transição da cor roxa para rosa). Assim, conclui-se que a dose de $4,10 \text{ KJ m}^2$ de radiação UV-C aplicada em hortaliças não influencia os parâmetros de coloração das mesmas, o que seria uma vantagem para o consumidor.

Apesar dos resultados de medidas de coloração aqui apresentados não apresentarem diferenças significativas em relação à aplicação de UV-C (Tabela 1), Civello, Vicente e Martínez (2006), comentam que a radiação UV-C pode ser utilizada com o intuito de reduzir os teores de clorofila, o que seria desejável em algumas hortaliças, como no caso de tomates, fator que poderia ser notado pela mudança nos parâmetros de coloração. Por outro lado, foi relatado que doses de radiação UV-C de 10 KJ m^2 resultaram em maior manutenção dos teores de clorofilas em brócoli, efeito que foi relacionado com a redução da atividade da enzima clorofilase, envolvida no catabolismo de clorofilas (COSTA et al., 2006).

Os maiores teores de sólidos solúveis totais foram observados em cebolas, tratadas ou não (7,25%), teores que não diferiram estatisticamente daqueles observados em pimentão e cenoura. Os teores de sólidos solúveis totais podem ser afetados pelas injúrias sofridas durante o processamento e não foram observadas alterações nesses perfis com o tratamento das hortaliças em radiação UV-C. Charles, Makhlof e Arul (2008) não

observaram durante o armazenamento refrigerado diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis em tomates tratados com radiação UV, porém frutos irradiados tiveram uma tendência de diminuição dos teores de acidez total titulável durante o armazenamento, quando comparados com as mesmas hortaliças controle, porém a diferença significativa ocorreu apenas 7 dias após o tratamento, possivelmente devido à utilização de ácido cítrico como substrato para a respiração.

Não foram observadas diferenças significativas em relação ao efeito de aplicação de radiação UV-C com relação ao teor de fenólicos totais, bem como na atividade antioxidante por ambos os métodos de análise para todas as hortaliças avaliadas. Maior teor de fenólicos totais foi observado para repolho e pimentão, sendo que o repolho roxo também apresentou maior atividade antioxidante pelo método do DPPH. Esse alto teor de fenólicos e atividade antioxidante do repolho roxo pode ser observado devido ao conteúdo de antocianinas presente nessa hortaliça, visto que estas são pertencentes à classe dos compostos fenólicos. Com relação à atividade antioxidante pelo método do β -caroteno/ácido linoleico, maiores teores foram observados em amostras de tomate, provavelmente por ser rico em carotenoides, de forma a impedir de modo mais eficaz a inibição da oxidação do ácido linoleico no sistema teste.

Maharaj, Arul e Nadeau (2014) trabalhando com diferentes doses de radiação UV-C em tomates, observaram um aumento significativo nos níveis de fenólicos totais nas fases do climatério e pós-climatério de frutos tratados com UV-C, quando comparados aos frutos controle. Além disso, níveis de fenóis totais foram estimulados uma semana mais cedo em frutos tratados com UV-C em comparação com os não irradiados. Vale ressaltar que as doses utilizadas pelos autores foram de 3,7 e 24,4 KJ/m^2 , doses inferiores e superiores, respectivamente, as utilizadas no presente estudo. Alegria et al. (2014) trabalhando com cenoura tratada com choque térmico e radiação UV-C ($0.78 \pm 0.36 \text{ kJ/m}^2$) observaram que

ambos os tratamentos apresentaram maior teor de fenólicos totais durante o armazenamento quando comparados as amostras controle.

Lemoine et al. (2010) afirmam que o conteúdo e qualidade de compostos antioxidantes em frutas e hortaliças podem ser induzidos por estresses abióticos, como a radiação UV-C. No presente trabalho o tratamento não se observa variação nesses compostos quando utilizou-se a dose de 4,10 KJ m^2 e avaliou-se os produtos vegetais somente após 72 horas do tratamento.

Para que seja possível uma melhor visualização dos resultados levando em consideração a avaliação global dos materiais e variáveis de qualidade testados, realizou-se uma análise de componentes principais (Figura 1), que explicou 97,57% dos resultados. Quando fazemos as devidas projeções das variáveis nos eixos, podemos concluir que amostras direcionadas ao lado direito do gráfico (eixo X+) se caracterizam por maiores teores de compostos fenólicos, ângulo Hue e atividade antioxidante, ao contrário de amostras posicionadas à esquerda (eixo X-), que possuem parâmetros de coloração que as diferenciam das demais. O posicionamento em relação ao eixo Y indica que amostras mais acima no gráfico (Y+) destacaram-se em relação aos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante determinada pelo método do DPPH, e do modo oposto, amostras situadas mais abaixo (Y-) são aquelas cuja atividade antioxidante pelo método do β -caroteno e parâmetros de cor como luminosidade (L^*) e Ângulo Hue, podem ter feito a diferença em sua característica.

Observa-se ainda na Figura 1 que hortaliças foram agrupadas de acordo com sua espécie / natureza, pois as mesmas hortaliças, controle e irradiadas permaneceram sempre próximas umas das outras, nos indicando que os componentes principais para sua caracterização não foram alterados com a utilização da radiação UV-C.

Tabela 1 – Médias de parâmetros de coloração, acidez, sólidos solúveis totais, fenólicos totais e atividade antioxidante de hortaliças minimamente processadas. Mesmas letras na coluna: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

| Hortaliça | L* | a* | b* | Chroma | Hue | Acidez % | Sólidos Solúveis Totais % | Fenólicos totais mg.100g ⁻¹ | Aox DPPH %SRL | Aox β-caroteno % Inibição |
|------------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------------------------|--|---------------|---------------------------|
| Tomate | 39,8 d | 17,07 b | 10,48cd | 20,05 b | 31,62 e | 0,53 a | 4,16 bc | 51,02 c | 6,20 d | 54,45 a |
| Beterraba | 40,89 d | 7,95 c | 1,73 e | 8,14 e | 12,18 f | 0,19 b | 3,33 c | 108,23 b | 22,57 c | 11,25 d |
| Pimentão | 44,67d | 5,68 d | 13,16cd | 14,34 c | 113,55b | 0,30 b | 5,41 ab | 233,17 a | 34,74 b | 35,99 c |
| Repolho | 46,74cd | 7,91 c | -2,99 f | 8,51 e | 340,09a | 0,32 b | 5,33 b | 259,05 a | 52,83 a | 47,84 ab |
| Batata | 47,33cd | 3,16 e | 9,99 cd | 10,66 de | 72,19 c | 0,25 b | 1,16 d | 76,18 bc | 0,74 c | 45,66 abc |
| Cenoura | 55,53 bc | 25,02 a | 25,35 a | 34,46 a | 43,42 d | 0,27 b | 5,75 ab | 27,44 c | 0,03 c | 19,09 d |
| Cebola | 63,49 b | -3,41 g | 9,35 d | 9,98 e | 110,74b | 0,32 b | 7,25 a | 79,84 bc | 2,68 c | 47,08 ab |
| Couve-Flor | 68,48 a | -0,75 f | 14,08 c | 14,11 cd | 93,57 c | 0,26 b | 2,33 cd | 74,49 bc | 0,59 c | 40,85 bc |
| Abobrinha | 71,22 a | -1,96 fg | 19,70 b | 19,80 b | 95,73 c | 0,19 b | 5,33 b | 4,62 c | 0,82 c | 47,02 ab |
| CV (%) | 9,58 | 13,66 | 19,92 | 12,21 | 3,05 | 5,80 | 19,98 | 26,12 | 45,45 | 14,06 |

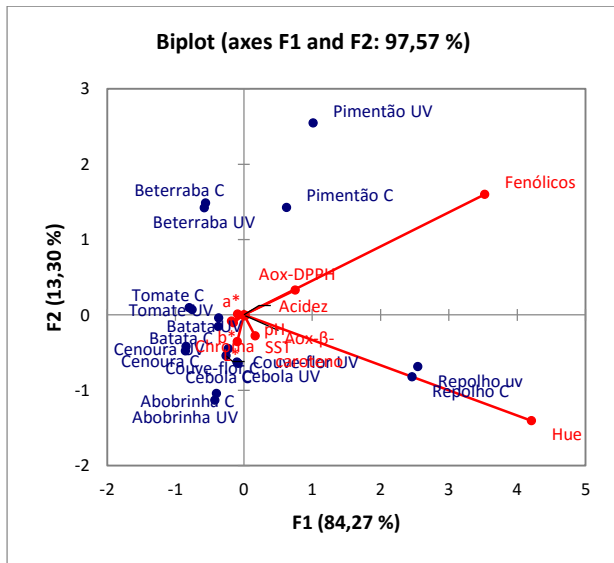


Figura 1 – Análise de componentes principais de Hortaliças controle e submetidas à radiação UV-C.

Ainda na figura 1, pode-se observar que amostras de repolho minimamente processados tratados ou não com radiação UV-C destacaram-se pela correlação positiva com a variável Hue. O ângulo Hue, que vai de 0° a 360° , indica a coloração, onde amostras com valores próximos ao ângulo 0° caracterizam-se pela coloração avermelhada, assim como próximas a 90° caracterizam-se pela coloração avermelhada, próximas a 180° pela coloração esverdeada e próximas a 280° pela coloração azulada/arroxada. Assim, amostras de coloração azul/arroxada tendem a resultarem em um valor do ângulo maiores, como é o caso do repolho roxo, e essa associação explica a correlação negativa dessa variável com amostras de batata e couve-flor, por exemplo.

Amostras de pimentão destacaram-se das demais por seus teores de fenólicos totais, porém àqueles irradiados foram ainda mais caracterizados por essa variável.

Em concordância com Melo et al. (2006), pode-se observar que todas as hortaliças testadas apresentam propriedades antioxidante, entretanto, a intensidade dessa ação é diferente entre elas. Mesmo com a variedade apresentada e afinidade de algumas hortaliças para métodos diferentes de avaliação da atividade

antioxidante, todas podem ser vistas como fontes dietéticas de antioxidantes naturais, que podem vir a trazer benefícios à saúde.

Interessante observarmos que se a radiação UV-C for utilizada visando o controle de microrganismos, podemos concluir que a qualidade pós-colheita e nutricional dos materiais vegetais não será alterada, sendo uma vantagem para o consumidor.

De acordo com o dendrograma euclidiano que nos informa a similaridade entre amostras, levando em consideração todas as variáveis nesse trabalho utilizadas (Figura 2), pode-se observar que as hortaliças foram agrupadas de acordo com a natureza das mesmas, indicando que a radiação UV-C teve menor influência nos parâmetros de qualidade avaliados, pois hortaliças submetidas ao tratamento mantiveram seus parâmetros de qualidade em teores, níveis ou valores que não as descaracterizasse.

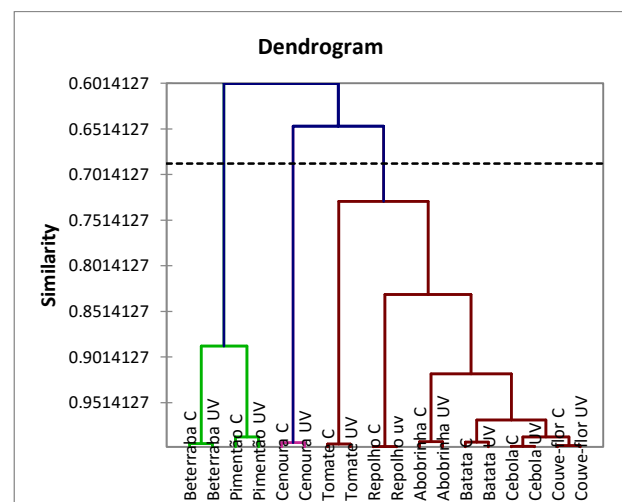


Figura 2 – Dendrograma com distâncias euclidianas de amostras de hortaliças minimamente processadas e submetidas ou não à radiação UV-C. Controle = C e irradiação UV-C = UV.

CONCLUSÕES

Neste trabalho a dose de irradiação UV-C de $4,10 \text{ KJ m}^2$ aplicada em hortaliças minimamente processadas não descaracterizou as amostras em relação aos parâmetros de qualidade avaliados, como atividade antioxidante, coloração e teor de compostos fenólicos totais.

Sugere-se o teste da influência de doses de UV-C no controle de microrganismos, e na qualidade de hortaliças durante o armazenamento, visando o aumento da vida útil de hortaliças minimamente processadas, que irão manter suas características de qualidade, como foi nesse trabalho observado.

REFERÊNCIAS

- ALEGRIA, C.; PINHEIRO, J.; DUTHIT, M.; GONÇALVES, E.; MARTINS, M.; ABREU, M. Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments, *LWT - Food Science and Technology*, v. 48, n.2, p. 197-203, 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**, 18 ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, 2007.
- BAKA, M.; MERCIER, J.; CORCUFF, R.; CASTAIGNE, F.; ARIL, J. Photochemical Treatment to Improve Storability of Fresh Strawberries. *Journal of Food Science*, Chicago, v.64, p.1068–1072, 1999.
- BRAVO, S.; GARCÍA-ALONSO, J.; MARTÍN-POZUELO, G.; GÓMEZ, V.; SANTAELLA, M.; NAVARRO-GONZÁLEZ, I.; PERIAGO, M. J. The influence of post-harvest UV-C hormesis on lycopene, β -carotene, and phenolic content and antioxidant activity of breaker tomatoes. *Food Research International*, v. 49, p. 296–302, 2012.
- CHARLES, M.T.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Introduction of resistance to gray mold and accumulation of phytoalexin reshitin in postharvest tomato fruit by UV treatment. *Postharvest Biology and Technology*, v. 47, n.1, p.10-20, 2008.
- CIVELLO, P.M.; Vicente, A. R.; Martinez, G. A. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. In: Recent Advances in all postharvest technologies to control fungal diseases. **Transworld Research Network**. Kerala, 2006
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. Recommendations on uniform color spaces-color difference equations, psychometric color terms. Paris: CIE (1978).
- COSTA, L.; VICENTE, A.R.; CIVELLO, P.M.; CHAVES, A.R.; MARTÍNEZ, G.A. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*, v.39, n.1, p. 204-210, 2006.
- DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.; LAJOLO, F.M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n.2, p. 446-452, 2006.
- LEMOINE, M. L.; CIVELLO, P. M.; MARTINEZ, G. A.; CHAVES, A. R. Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87, p. 925-1175, 2007.
- LEMOINE, M. L., CHAVES, A. R., MARTINEZ, G. A. Influence of combined hot air and UV-C treatment on the antioxidant system of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica). *LWT - Food Science and Technology*, v. 43, n. 9, p. 1313-1319, 2010.
- LIN, D.; ZHAO Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews of Food Science and Food Safety**, Chicago, v.6, n.3, p. 60-75, 2007.
- MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. UV-C irradiation effects on levels of enzymic and non-enzymic phytochemicals in tomato, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 21, p. 99–106, 2014.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n.2, p. 1254-1555, 1992.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

PRIOR, R.L.; CAO, G. Analysis of botanicals and dietary supplements for antioxidant capacity: a review. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v.8, p. 950–956, 2000.

RODRIGUEZ, A.S.; PÉREZ-GREGORIO, M. R.; GARCÍA-FALCÓN, M. S.; GANDARA, F. S.; ALMEIDA, D. P. F. Effect of postharvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars, **Food Control**, v. 21, n.6, p. 878–884, 2010.

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

RUFINO, M.S.M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico**. Fortaleza: Embrapa, 4p. Comunicado técnico 128, 2007b.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n.3, p. 144–158, 1965.

STEVENS, C. KHAN, V.A.; LU J.Y.; WILSON, C.L.; PUSEY, P.L.; IGWEGBE, E.C.K.; KABWE, K.; MAFOLO, Y.; LIU. J.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. **Biological Control**, v.10, n.1, p.98-103, 1997.