

APLICAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA ASSOCIADA A DIFERENTES TEMPERATURAS PARA CONSERVAÇÃO DE PIMENTA (*CAPSICUM BACCATUM* var. *PENDULUM*) IN NATURA

Regina Célia Rodrigues Miranda MILAGRES*
Luís Fernando POLESI*
Juliana PIEDADE*
Solange Guidolin CANNIATTI-BRAZACA**
Marta Helena Fillet SPOTO**
Julio Marcos Melges WALDER***

■ **RESUMO:** A qualidade da pimenta e os fatores que afetam sua conservação, ainda são pouco conhecidos, embora seu valor nutricional, econômico e social no Brasil e no mundo seja de grande importância. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi prolongar a vida útil de pimenta Dedo-de-Moça *in natura* pelo uso da irradiação associada à temperatura de armazenamento. Para tanto, os frutos recém-colhidos foram selecionados, embalados, irradiados com as doses de 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50kGy, armazenados a 5°C e 25°C por 15 dias e avaliados quanto às suas características físico-químicas (teor de sólidos solúveis, pH, acidez total titulável, ratio, cor, perda de peso e umidade) e visuais (incidência de doenças, turgidez e cor). A refrigeração foi o fator que mais contribuiu para manter a qualidade das pimentas por um período maior. As doses de radiação de 1,25 e 1,50kGy, e a temperatura de 25°C, deixaram os frutos sensíveis ao aparecimento de doenças. Assim, a irradiação isoladamente não foi capaz de aumentar a vida útil das pimentas, sendo necessário a aplicação de outras técnicas de conservação.

■ **PALAVRAS-CHAVE:** Pimenta Dedo-de-Moça; vida útil; radiação gama.

INTRODUÇÃO

As pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum*, família Solanaceae, são originárias das Américas do Sul e Central. Existem, aproximadamente, 27 espécies catalogadas, sendo a *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, conhecida e comercializada no Brasil como Dedo-de-Moça.²¹ O principal aspecto dos frutos de pimenta é a pungência caracterizada pelo sabor picante ou ardido, conferido pelos alcaloides denominados capsaicinoides.²⁸

As pimentas têm grande valor nutricional e funcional associados, principalmente, ao seu conteúdo de vitaminas, fibras e sais minerais. Os carotenóides, pigmentos vegetais importantes pelo seu valor nutricional e provitâmico A, estão presentes em altas concentrações e conferem coloração às pimentas.²¹ Elas também possuem altas concentrações de vitamina C e vitamina E que atuam como constituintes nutricionais e funcionais em decorrência de suas propriedades antioxidantes.^{21, 28}

Mesmo tendo importância nutricional, econômica e social no Brasil e no mundo, a maioria dos aspectos relacionados com a fisiologia pós-colheita, como o padrão de amadurecimento, qualidade dos frutos e fatores que afetam a conservação, ainda são pouco conhecidos. Como todo fruto carnoso fresco, a qualidade da pimenta é afetada na pós-colheita.¹⁵ Durante a comercialização, transporte e armazenamento, a degradação dos frutos pode ocorrer devido aos danos mecânicos, perda de água pela transpiração, perda por exposição a extremos de temperatura, redução da energia armazenada por meio do processo respiratório e perdas provocadas por fungos, bactérias e insetos.⁹

Por essa razão, diversos tratamentos físicos e químicos têm sido usados para minimizar esses fatores de degradação. O emprego da irradiação tem apresentado resultados satisfatórios, sendo uma técnica economicamente viável e fisicamente segura, com importante efeito no aumento da vida útil de frutos e hortaliças, diminuindo os processos fisiológicos, como amadurecimento e brotamento e atuando no controle fitossanitário como parte de um programa quarentenário.^{14, 16} O tratamento é utilizado para aumentar a estabilidade ao armazenamento por meio da redução da população de bactérias patogênicas e eliminação de parasitas ou insetos causadores de doenças, incluindo bactérias deterioradoras, fungos e leveduras.¹⁹

* Programa de Pós-Graduação em Ciências – Curso de Doutorado – Centro Nuclear na Agricultura – CENA – Universidade de São Paulo – USP – 13416-903 – Piracicaba – SP – Brasil.

** Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ – USP – 13418-900 – Piracicaba – SP – Brasil. E-mail: sgcbraza@usp.br.

*** Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia – CENA – USP – 13416-903 – Piracicaba – SP – Brasil.

A irradiação de alimentos é um processo que consiste na exposição de alimentos a radiações ionizantes, este tratamento não causa prejuízos ao alimento no que diz respeito à formação de novos compostos químicos que poderiam transmitir doenças ao ser humano, quando da sua ingestão. Porém, como em todo processo de conservação, podem existir perdas de ordem nutricional e organoléptica, como cor, sabor, textura e odor.^{8, 14}

Estudos têm sido realizados para avaliar o uso da irradiação em pimentas, principalmente desidratadas, mas os efeitos da irradiação associada à temperatura de armazenamento nas características físico-químicas, sensoriais e vida útil em pimentas *in natura*, ainda são pouco investigados. Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo identificar a dose de radiação ionizante e a temperatura de armazenamento capazes de contribuir para o aumento na vida útil com menores impactos na qualidade visual e físico-química de pimenta Dedo-de-Moça, *in natura*.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e Preparo das Amostras

Foram adquiridas pimentas “Dedo-de-Moça” (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), plantadas 6 meses antes do estudo, em São Miguel Arcanjo-SP. Os frutos foram coletados com pedúnculo, antes da completa maturação (início da coloração vermelha) no dia anterior ao tratamento de irradiação e transportados para o CEASA de Piracicaba-SP em caminhão aberto, em caixas plásticas.

No laboratório, 15kg de pimentas foram selecionadas pelos critérios de coloração, grau de maturação, ausência de lesões, tamanhos e danos mecânicos. Em seguida foram pesados 60g de frutos e colocados em bandejas de isopor de 0,50cm de espessura e dimensões de 15cm x 15cm x 4cm, recoberta com filme de cloreto de polivinila – PVC comercial.

Tratamento das Amostras por Irradiação

Após terem sido embaladas, as amostras foram tratadas por radiação ionizante em irradiador Multipropósito de ⁶⁰Co do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares –IPEN com taxa de dose de 3,27kGy/hora, em temperatura ambiente. Foram avaliados, nas amostras, os seguintes fatores: dose de radiação (0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50kGy), temperatura de estocagem (temperatura ambiente = 25±2°C e temperatura de refrigeração = 5±2°C) e tempo de armazenamento (1, 5, 9, 12, 15 dias após a irradiação). Cada tratamento constou de três repetições, totalizando 210 unidades experimentais.

Análise visual

Os efeitos da irradiação sobre a qualidade visual das amostras foram observados pelas alterações na superfície dos frutos, como: incidência de doenças (abrangência da lesão na superfície do fruto), perda de turgidez e cor.¹⁸ As seguintes escalas de notas foram utilizadas para esse procedimento:

A. *Incidência de doenças*: 1 = 0% (ausente); 2 = 10% da superfície afetada; 3 = 11% a 25% da superfície afetada; 4 = 26% a 50% da superfície afetada e 5 = mais de 51% da superfície afetada.

B. *Turgidez*: 1 = túrgido, sem indicio algum de perda de turgidez em qualquer parte do fruto; 2 = pouca turgidez (enrugamento da casca na região próxima ao pedúnculo); 3 = perda de turgidez acentuada, enrugamento generalizado do fruto.

C. *Cor*: 1 = predomina a cor verde; 2 = superfície verde com alguns traços avermelhados; 3 = área com cor verde igual à área vermelha 4 = superfície vermelha com alguns traços esverdeados e 5 = fruto completamente vermelho.

Análises físico-químicas

A umidade foi determinada com auxílio de estufa a 105°C até peso constante. A determinação do teor de sólidos solúveis (SS) foi realizada por leitura em refratômetro digital, com duas a três gotas do filtrado da polpa triturada, sendo os resultados expressos em °Brix. O valor de pH das amostras foi mensurado diretamente na polpa triturada. A acidez total titulável (ATT) foi determinada pela titulação potenciométrica, expressa em % de ácido cítrico (mg 100mg⁻¹). Tais análises seguiram a metodologia proposta pela AOAC.³ O Ratio foi calculado pela razão SS/ATT.⁶

A perda de peso foi calculada pela relação entre o peso inicial (pesagem realizada antes do processo de irradiação) e final do fruto expressa em porcentagem. A firmeza das pimentas foi avaliada por meio da compressão em texturômetro modelo TA.XT2, com o probe cilíndrico de 2mm de diâmetro, sendo realizadas dez repetições por amostra.⁷ A coloração foi determinada utilizando-se colorímetro Minolta, Modelo Chroma Meter CR-200b e os resultados expressos em valor L (luminosidade), saturação (croma) e ângulo Hue.

Análise dos Resultados

Os resultados foram submetidos à análise de variância, de acordo com os procedimentos estabelecidos no *General Linear Model* do SAS,²⁶ para a verificação de diferenças estatisticamente significativas entre as médias das variáveis estudadas. Para a comparação entre as médias, empregou-se o teste de Tukey, adotando-se, como nível de rejeição, $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Umidade, Perda de Peso, Firmeza e Turgidez

A análise dos resultados revelou que a umidade (Tabela 1) variou de 83,5 a 88,1% no armazenamento a 25°C e de 84,5 a 88,5% a 5°C. Não houve diferença entre os teores de umidade dentro da mesma dose, ao longo do tempo, e a análise estatística entre as doses, corrobora tais resultados. A dose 1,00kGy, após quinze dias de armazenamento, foi a única que diferiu no teor de umidade entre

as temperaturas de armazenamento. Em estudo realizado com cogumelos frescos mantidos a 4°C, após 10 dias de estocagem apresentou redução da umidade na amostra controle e na dose de 0,75kGy.¹⁷

Tabela 1 – Efeito da radiação gama e da temperatura de armazenamento na umidade (%), perda de peso (%) e firmeza (g) das pimentas.

Dose (kGy)	TA (°C)	Tempo de armazenamento (dias)				
		1	5	9	12	15
UMIDADE						
0	25	86,7 ± 0,5 ^{aA}	86,9 ± 0,9 ^{aA}	86,3 ± 1,5 ^{aAB}	85,9 ± 2,1 ^{aA}	85,0 ± 1,0 ^{aBC}
	5	84,5 ± 1,0 ^{bA}	87,4 ± 1,4 ^{aA}	86,7 ± 0,3 ^{abAB}	86,4 ± 1,0 ^{abA}	86,3 ± 1,3 ^{abABC}
0,25	25	85,1 ± 1,5 ^{aA}	86,3 ± 0,7 ^{aA}	85,5 ± 1,0 ^{aAB}	86,4 ± 0,8 ^{aA}	84,3 ± 2,0 ^{aBC}
	5	85,8 ± 1,9 ^{aA}	86,7 ± 0,5 ^{aA}	87,2 ± 1,0 ^{aA}	87,5 ± 1,2 ^{aA}	86,8 ± 1,2 ^{aABC}
0,5	25	85,4 ± 0,5 ^{abA}	85,3 ± 1,9 ^{abA}	88,1 ± 1,8 ^{aA}	85,0 ± 0,2 ^{bA}	86,0 ± 1,8 ^{abABC}
	5	85,5 ± 0,9 ^{aA}	85,7 ± 1,0 ^{aA}	86,7 ± 1,2 ^{aAB}	87,1 ± 1,7 ^{aA}	86,3 ± 0,9 ^{aABC}
0,75	25	85,7 ± 0,4 ^{aA}	85,8 ± 2,0 ^{aA}	83,5 ± 2,9 ^{aB}	84,3 ± 1,3 ^{aA}	85,3 ± 0,7 ^{aABC}
	5	84,6 ± 0,9 ^{bA}	86,5 ± 1,8 ^{abA}	86,0 ± 2,1 ^{abAB}	87,6 ± 0,3 ^{aA}	86,2 ± 0,6 ^{abABC}
1,00	25	86,3 ± 1,1 ^{abA}	86,8 ± 0,3 ^{aA}	85,3 ± 1,2 ^{abAB}	85,7 ± 1,2 ^{abA}	83,7 ± 0,9 ^{bC}
	5	85,0 ± 0,4 ^{aA}	87,1 ± 0,6 ^{aA}	85,4 ± 1,1 ^{aAB}	87,6 ± 0,7 ^{aA}	87,4 ± 0,5 ^{aAB}
1,25	25	84,8 ± 1,2 ^{aA}	86,7 ± 0,6 ^{aA}	85,8 ± 0,7 ^{aAB}	85,8 ± 0,9 ^{aA}	85,8 ± 1,8 ^{aABC}
	5	85,5 ± 1,4 ^{bA}	86,4 ± 0,6 ^{abA}	86,3 ± 0,9 ^{abAB}	87,3 ± 0,6 ^{abA}	88,5 ± 1,1 ^{aA}
1,5	25	86,4 ± 0,8 ^{aA}	87,1 ± 0,7 ^{aA}	86,3 ± 1,7 ^{aAB}	85,8 ± 0,7 ^{aA}	85,8 ± 0,8 ^{aABC}
	5	85,2 ± 2,2 ^{aA}	86,4 ± 0,7 ^{aA}	85,7 ± 0,8 ^{aAB}	86,8 ± 1,5 ^{aA}	86,0 ± 2,0 ^{aABC}
PERDA DE PESO						
0	25	6,0 ± 0,5 ^{dA}	5,5 ± 0,4 ^{dA}	9,6 ± 1,1 ^{cA}	13,5 ± 1,0 ^{bA}	16,1 ± 2,6 ^{aB}
	5	0,7 ± 0,3 ^{aB}	1,0 ± 0,1 ^{aB}	1,3 ± 0,2 ^{aB}	1,6 ± 0,2 ^{aB}	1,7 ± 0,9 ^{aC}
0,25	25	6,2 ± 0,1 ^{dA}	5,5 ± 0,4 ^{dA}	10,1 ± 0,5 ^{cA}	12,6 ± 2,0 ^{bA}	17,1 ± 0,9 ^{aB}
	5	0,4 ± 0,1 ^{aB}	0,5 ± 0,1 ^{aB}	0,8 ± 0,1 ^{aB}	1,2 ± 0,1 ^{aB}	1,1 ± 0,2 ^{aC}
0,5	25	6,2 ± 0,9 ^{dA}	5,9 ± 0,3 ^{dA}	9,5 ± 0,6 ^{cA}	13,5 ± 0,2 ^{bA}	20,5 ± 5,9 ^{aA}
	5	0,4 ± 0,2 ^{aB}	0,5 ± 0,1 ^{aB}	0,7 ± 0,0 ^{aB}	1,0 ± 0,2 ^{aB}	0,9 ± 0,4 ^{aC}
0,75	25	6,1 ± 0,2 ^{cA}	5,2 ± 0,7 ^{cA}	10,3 ± 0,7 ^{bA}	12,5 ± 0,4 ^{bA}	15,6 ± 0,8 ^{aB}
	5	1,1 ± 1,8 ^{aB}	1,8 ± 1,6 ^{aB}	0,9 ± 0,2 ^{aB}	0,8 ± 0,4 ^{aB}	1,3 ± 0,1 ^{aC}
1,00	25	5,8 ± 0,5 ^{dA}	5,9 ± 0,2 ^{dA}	9,7 ± 0,4 ^{cA}	12,2 ± 0,8 ^{bA}	15,2 ± 0,8 ^{aB}
	5	0,4 ± 0,1 ^{aB}	0,8 ± 0,1 ^{aB}	1,1 ± 0,2 ^{aB}	1,1 ± 0,4 ^{aB}	1,0 ± 0,8 ^{aC}
1,25	25	6,1 ± 0,5 ^{dA}	5,6 ± 0,5 ^{dA}	10,2 ± 0,5 ^{cA}	13,2 ± 0,7 ^{bA}	16,8 ± 2,0 ^{aB}
	5	0,3 ± 0,5 ^{aB}	0,6 ± 0,6 ^{aB}	0,9 ± 0,2 ^{aB}	1,0 ± 0,5 ^{aB}	1,7 ± 0,1 ^{aC}
1,5	25	6,6 ± 0,4 ^{dA}	5,6 ± 0,2 ^{dA}	10,2 ± 1,7 ^{cA}	13,5 ± 0,3 ^{bA}	17,7 ± 0,6 ^{aAB}
	5	0,4 ± 0,2 ^{aB}	0,6 ± 0,6 ^{aB}	1,1 ± 0,2 ^{aB}	1,3 ± 0,4 ^{aB}	1,8 ± 0,3 ^{aC}
FIRMEZA						
0	25	360,5 ± 67,1 ^{abA}	340,0 ± 38,5 ^{bA}	452,2 ± 22,7 ^{abAB}	489,1 ± 100,5 ^{aA}	450,0 ± 49,8 ^{abBCD}
	5	335,0 ± 51,4 ^{aA}	364,6 ± 37,3 ^{aA}	322,2 ± 94,2 ^{aABC}	373,5 ± 42,7 ^{aABC}	351,6 ± 104,1 ^{aD}
0,25	25	386,5 ± 25,5 ^{bcA}	367,7 ± 17,0 ^{cA}	448,9 ± 23,4 ^{bcAB}	514,1 ± 13,9 ^{abA}	640,3 ± 17,7 ^{aA}
	5	321,6 ± 25,7 ^{aA}	338,3 ± 26,8 ^{aA}	317,0 ± 83,7 ^{aBC}	317,8 ± 15,8 ^{aBC}	335,2 ± 95,7 ^{aD}
0,5	25	314,7 ± 90,2 ^{bA}	305,8 ± 24,3 ^{bA}	312,8 ± 36,9 ^{bBC}	465,3 ± 75,8 ^{aAB}	526,5 ± 64,5 ^{aABC}
	5	390,7 ± 109,7 ^{aA}	331,6 ± 30,4 ^{aA}	331,6 ± 67,8 ^{aABC}	367,7 ± 71,6 ^{aABC}	365,9 ± 36,8 ^{aCD}
0,75	25	394,1 ± 26,1 ^{bA}	384,7 ± 40,0 ^{bA}	378,5 ± 7,3 ^{bABC}	389,6 ± 60,3 ^{bABC}	561,5 ± 81,4 ^{aAB}
	5	336,0 ± 19,7 ^{aA}	356,1 ± 86,0 ^{aA}	328,2 ± 45,3 ^{aABC}	353,7 ± 114,8 ^{aABC}	412,4 ± 32,2 ^{aBCD}
1,00	25	317,2 ± 61,0 ^{aA}	446,4 ± 70,5 ^{aA}	408,5 ± 43,5 ^{aAB}	368,0 ± 51,5 ^{aABC}	441,5 ± 96,1 ^{aBCD}
	5	344,5 ± 37,1 ^{aA}	299,0 ± 64,1 ^{aA}	289,3 ± 28,4 ^{aBC}	292,5 ± 45,8 ^{aC}	338,9 ± 54,0 ^{aD}
1,25	25	299,3 ± 44,5 ^{bA}	303,1 ± 15,3 ^{bA}	488,7 ± 57,7 ^{aA}	420,9 ± 95,1 ^{abABC}	379,8 ± 99,5 ^{abCD}
	5	367,0 ± 57,0 ^{aA}	333,5 ± 3,3 ^{aA}	289,3 ± 56,5 ^{aBC}	369,8 ± 62,9 ^{aABC}	344,2 ± 53,2 ^{aD}
1,5	25	290,3 ± 81,6 ^{bA}	327,1 ± 82,7 ^{bA}	409,3 ± 65,6 ^{abAB}	520,5 ± 77,2 ^{aA}	397,7 ± 43,9 ^{abBCD}
	5	328,1 ± 67,4 ^{aA}	324,3 ± 31,4 ^{aA}	240,7 ± 22,0 ^{aC}	308,0 ± 37,8 ^{aBC}	323,4 ± 54,6 ^{aD}

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical representam diferença estatística ao nível de erro de 5% pelo teste de Tukey. TA = Temperatura de Armazenamento.

A perda de peso (Tabela 1) não foi influenciada pela irradiação, pois dentro do mesmo tempo de armazenamento, não houve diferença estatística entre as doses. Tal resultado difere do encontrado por Khalil et al.,¹² que observaram em estudo com laranjas irradiadas em doses de 0,25 e 0,50kGy, que a perda de peso diminuiu com o uso da irradiação.

A temperatura de armazenamento teve maior influência do que a irradiação em relação a perda de peso, pois a partir de nove dias de estocagem a 25°C a perda de peso passou a ser significativa, o que não ocorreu nas amostras armazenadas a 5°C, demonstrando que a refrigeração foi determinante no controle da perda de peso das pimentas. Akbudak et al.¹ também relataram menor perda de peso em cerejas irradiadas com doses de 0,3kGy e armazenadas em baixa temperatura em relação ao controle. A perda de peso pode ter ocorrido, principalmente, devido à perda de água e CO₂, pela transpiração e respiração, respectivamente.

Embora, no presente estudo as pimentas tenham perdido peso, a umidade foi mantida, provavelmente, devido à formação de água pelo processo de respiração, o que contribuiu para que ela não fosse alterada mesmo ocorrendo a transpiração.⁶ Molinari¹⁸ avaliou o efeito combinado da embalagem e da temperatura de refrigeração em mamão “Golden”, tipo exportação, irradiado com doses de 0,4 e 0,7kGy e verificou que a maior dose influenciou no aumento da perda de peso, em decorrência do aumento da taxa respiratória e transpiratória do fruto.

A análise visual da turgidez (Figura 1) mostrou que na temperatura de 25°C houve perda com o passar do tempo, porém na dose de radiação de 0,75kGy, observou-se melhor efeito na turgidez, a partir de 12 dias. Já na temperatura de 5°C, a turgidez se manteve. Molinari¹⁸ observou perda acentuada de turgidez em mamões tratados com 0,4 e 0,7kGy, armazenados por 15 dias a 10°C e 5 dias à temperatura ambiente.

A firmeza (Tabela 1) foi influenciada pelo armazenamento a temperatura de 25°C. Observou-se diferença estatística em todas as doses, exceto para 1,00kGy com aumento da firmeza ao longo do tempo. A alteração na firmeza foi observada pelo aumento na resistência à penetração do probe e pela perda de turgidez das células. Em relação ao efeito da irradiação, observou-se que após 15 dias de armazenamento a dose 0,25kGy levou a um aumento na

firmeza. Na temperatura de 5°C o tempo de armazenamento e a dose de radiação não influenciaram na firmeza das pimentas. Santos²⁵ encontrou aumento na firmeza de pequis irradiados (0,4; 0,6 e 1,0kGy) em relação ao controle, porém não foi significativo entre doses.

Jiang et al.¹¹ trabalharam com cogumelo shiitake irradiado e armazenado a 4°C, concluíram que a dose de 1kGy foi a mais efetiva na conservação pós-colheita, embora tenha promovido perda na firmeza. A radiação ionizante pode alterar componentes estruturais de determinados frutos e proporcionar-lhes melhor aspecto, com aumento da firmeza. Baixas doses de radiação resultam na hidrólise de certos componentes, que podem aumentar a vida útil do produto e a conversão de amidos em açúcares.¹⁴

Em mangas, a aplicação da radiação gama influenciou os valores de firmeza em relação à testemunha. No entanto, apenas as mangas irradiadas com 0,45kGy apresentaram maior firmeza do que a testemunha. Dessa forma, observa-se que a irradiação foi eficiente em promover a manutenção da firmeza das frutas,²⁴ resultado semelhante aos de Calore & Vieites⁵ em pêssego e aos de Pimentel & Walder²⁰ em mamões.

Estudos com morangos resultaram em menores valores de firmeza para todos os frutos irradiados quando comparados aos frutos controle. A irradiação com 1 e 2kGy estendeu a vida útil em 2 a 4 dias, respectivamente.³¹ Segundo Trigo et al.,²⁹ os valores da firmeza de melão não irradiado foram significativamente superiores aos das amostras irradiadas e a dose de radiação influenciou negativamente a textura. Contudo, esta diferença atenuou-se ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados por Boynton,⁴ em que o controle apresentou valores significativamente superiores em relação às amostras irradiadas. O autor observou, ainda, decréscimo da firmeza ao longo do tempo de conservação.

A análise de regressão (Figura 2) mostrou pela inclinação da curva que, de modo geral, as pimentas armazenadas a 25°C apresentaram aumento na firmeza e turgidez com a perda de peso, bem como aumento da turgidez com o aumento da firmeza. Já para as pimentas armazenadas a 5°C, essa relação entre estas análises não ocorreu, evidenciando que o processo de refrigeração manteve a qualidade dos frutos inicial por um período maior.

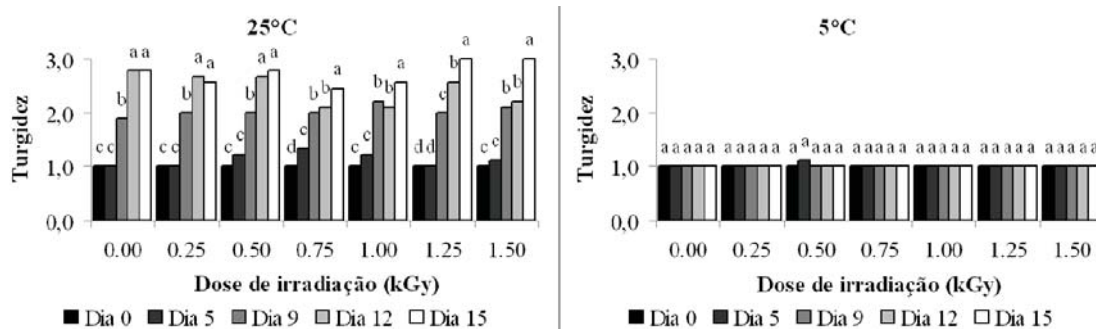


FIGURA 1 – Efeito da radiação gama e do tempo de armazenamento na análise visual de turgidez da pimenta.

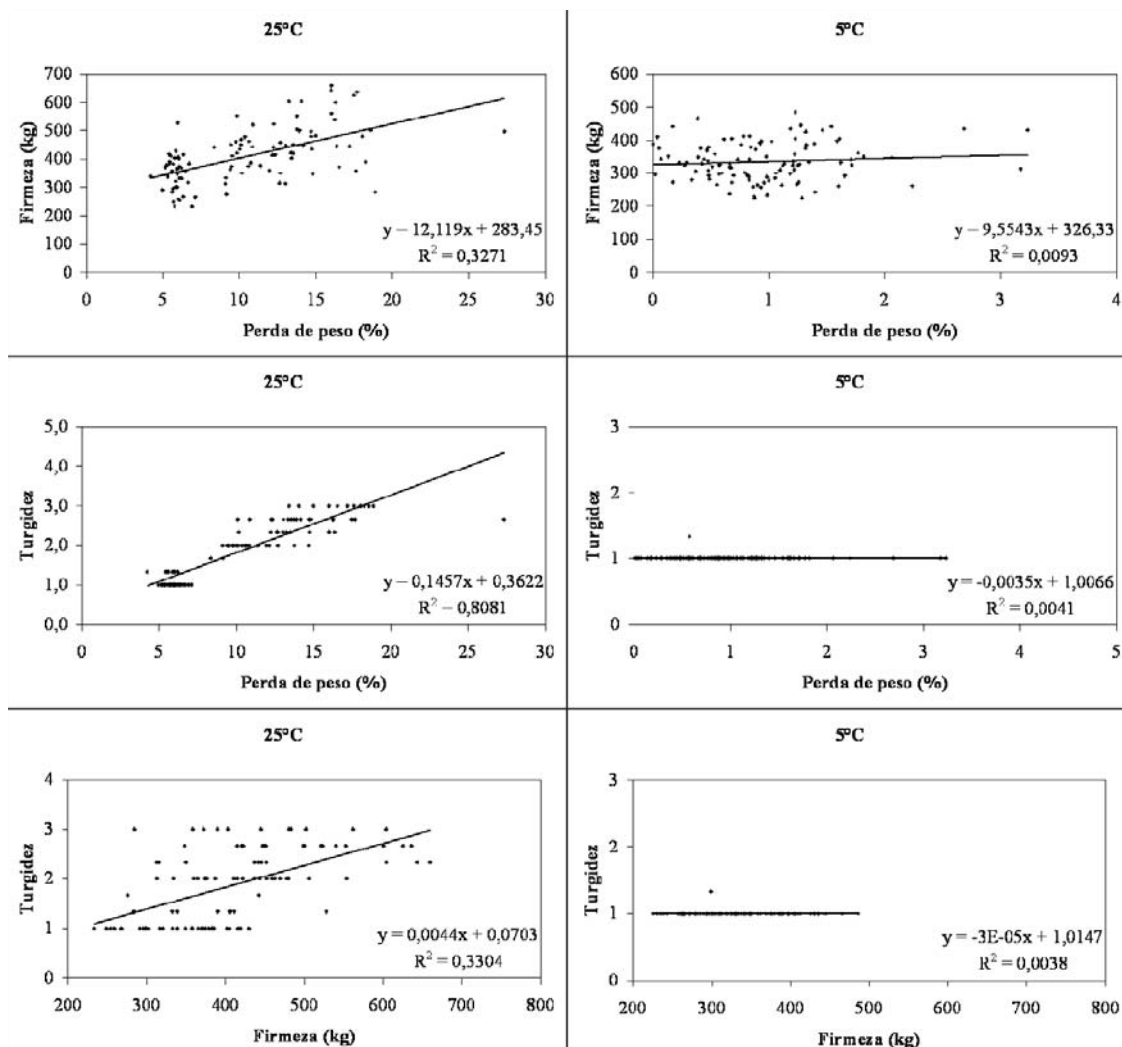


FIGURA 2 – Análise de regressão para firmeza, perda de peso e turgidez das pimentas.

pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis (SS) e Relação SS/ATT

As amostras acondicionadas a 5°C, após nove dias, apresentaram aumento do pH (Figura 3) a partir da dose 0,75kGy. Nas amostras armazenadas a temperatura de 25°C apenas a dose 1,50kGy diferiu do controle, ou seja, aumentou o pH, provavelmente, em decorrência da aceleração do metabolismo da pimenta. Dentro de cada dose de radiação quando comparado às temperaturas, a partir de 12 dias houve aumento do pH na temperatura ambiente e redução na temperatura refrigerada, demonstrando que a refrigeração teve maior efeito de conservação. Rico et al.²³ analisaram pimenta vermelha desidratada, irradiada com 10kGy e relataram valores de pH semelhantes ao encontrado no presente estudo (4,94 à temperatura ambiente e 5,00 refrigerada), além disso, demonstraram que não houve diferença estatística em relação ao controle após seis meses de armazenamento.

Segundo Santos et al.,²⁴ os valores de pH encontrados para mangas irradiadas após 15 dias de armazenamento não apresentaram diferenças, permanecendo em torno de

3,3 e 3,4. Resultado semelhante foi encontrado por Antunes et al.,² em trabalho com amoras armazenadas a 20°C e a 2°C e França et al.¹⁰ com morangos.

Aumento gradual e significativo dos sólidos solúveis (SS) nas doses 0,75 e 1,00kGy foi observado em pimentas armazenadas a temperatura de 25°C (Figura 3). Este resultado indica melhora nesta característica da pimenta quando submetida a irradiação. Entretanto, dentro de um mesmo tempo a dose não influenciou no teor de SS independente da temperatura de armazenamento. Segundo Silva et al.,²⁷ o aumento na quantidade de sólidos solúveis está associado com o grau de maturação dos frutos. Entretanto, Santos²⁵ e França et al.,¹⁰ obtiveram redução nos teores de SS em pequi e morango irradiados, respectivamente. De acordo com Kluge et al.,¹³ após o armazenamento prolongado o teor de açúcares decresce.

Com relação à acidez total titulável - ATT (Tabela 2) pode-se observar que a irradiação maior que 0,25kGy provocou alterações em ambas as temperaturas de armazenamento, bem como uma tendência de redução a partir da dose 0,50kGy, na temperatura de 25°C ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos²⁵ e

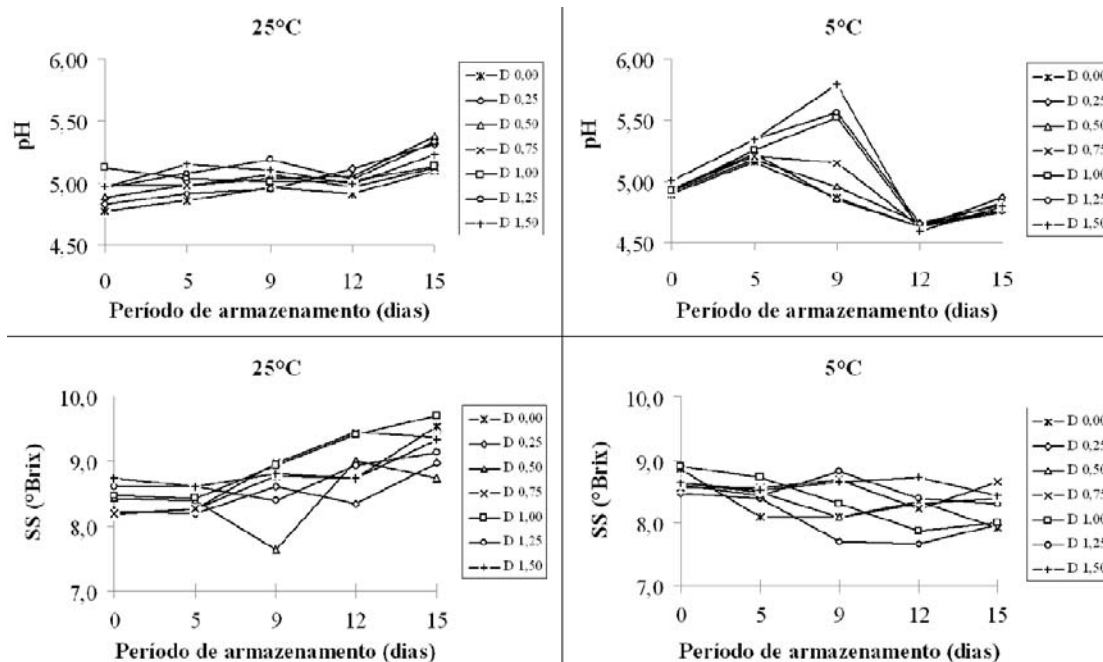


FIGURA 3 – Alterações no pH e teor de sólidos solúveis das pimentas irradiadas ao longo do tempo.

Françoso et al.¹⁰ em pequi e morango, respectivamente. O decréscimo da ATT está relacionado à redução nos teores de ácidos orgânicos após a colheita, armazenamento, e o amadurecimento ocasionado pela oxidação para produção de energia no ciclo de Krebs, sendo assim, a irradiação não tem efeito na ATT, uma vez que não altera o comportamento normal dos frutos durante o amadurecimento.^{14, 25}

A 5°C foi observado aumento significativo na ATT para as doses de 0,75 a 1,5kGy até 9 dias e redução após esse período, similarmente ao pH. Semelhante ao presente estudo, os valores de SS, ATT e pH não foram alterados pela aplicação das doses de radiação gama em mangas,²⁴ mamão^{18, 20} e melão.²⁹

Os resultados encontrados para o ratio (SS/ATT) revelaram que a irradiação associada à refrigeração diminuiu essa relação, ou seja, retardou o processo de maturação das pimentas, enquanto que a estocagem em temperatura de 25°C acelerou este processo com o tempo. Os valores do ratio entre as duas variáveis envolvidas no índice de maturação são mais representativos que a medida isolada de açúcar e de acidez, pois essa razão reflete melhor a qualidade dos frutos.³²

Silva et al.²⁷ observaram em abacaxi irradiado valores baixos da razão (SS/ATT), devido aos ácidos presentes nesses frutos. Em pequi, esta relação não apresentou diferença, apenas as amostras irradiadas com 0,6kGy diferiram dos demais tratamentos diminuindo esse índice.²⁵ Já em manga a dose de 0,45kGy proporcionou aumento no índice de maturação.²⁶

Análise de Cor

A análise visual de cor (Figura 4) apresentou aumento significativo na coloração vermelha para as amostras armazenadas a 25°C, enquanto que a 5°C a coloração inicial das pimentas se manteve por um período maior. A

refrigeração promoveu retardo no processo de maturação das pimentas, devido à diminuição na taxa respiratória, confirmada pela não alteração da cor dos frutos.

Em mamão ‘Golden’ tipo exportação, irradiado com doses de 0,4 e 0,7kGy, observou-se efeito significativo na interação das doses de radiação com o tempo de armazenamento, na coloração da casca dos mamões.¹⁸

Os índices de qualidade de cor das amostras obtidos nas diferentes doses de radiação e temperaturas de armazenamento são apresentados na Tabela 3.

O parâmetro luminosidade (L^*) não diferiu entre as doses no mesmo período e doses de radiação, exceto na dose 1,50kGy após 15 dias de armazenamento a 5°C. Semelhante ao que ocorreu na luminosidade, a saturação da cor, croma (C), não diferiu entre a maioria das doses, ao longo de tempo a 25°C, apesar de ter sido observado tendência a aumento da intensidade da cor a 5°C. Morangos frescos foram tratados por irradiação para determinar os efeitos sobre atributos de qualidade pós-colheita e vida útil. Os valores de ‘ L ’ foram maiores para os frutos tratados com 2kGy do que para 0 e 0,5kGy.³¹

O ângulo métrico hue (H) diferiu significativamente entre os tempos de armazenamento, com aumento da intensidade da cor vermelha à temperatura ambiente. As doses de radiação empregadas não influenciaram na alteração da cor, apenas a estocagem, pois a temperatura ambiente produziu este efeito. Resultados semelhantes foram relatados por Pimentel & Walder²⁰ que irradiaram mamões com 0,75kGy e estocaram a 11°C e 24°C, e não encontraram interação entre a irradiação e o ângulo hue, indicando que a irradiação não inibiu o desenvolvimento da cor.

Incidência de doenças

A análise visual das pimentas armazenadas em temperatura de 25°C, revelou que as doses de 1,25 e 1,50kGy apre-

Tabela 2 – Efeito da radiação gama e da temperatura de armazenamento na acidez total titulável (mg 100mg⁻¹) e ratio das pimentas.

Dose (kGy)	TA (°C)	Tempo de armazenamento (dias)				
		1	5	9	12	15
ACIDEZ						
0	25	0,18 ± 0,01 aA	0,15 ± 0,01 aB	0,17 ± 0,01 aCD	0,16 ± 0,02 aABCD	0,18 ± 0,02 aABC
	5	0,18 ± 0,02 aA	0,20 ± 0,02 aAB	0,17 ± 0,01 aCD	0,20 ± 0,02 aA	0,20 ± 0,04 aA
0,25	25	0,18 ± 0,02 aA	0,17 ± 0,01 aAB	0,17 ± 0,01 aCD	0,14 ± 0,01 aD	0,15 ± 0,03 aBCDE
	5	0,17 ± 0,03 aA	0,20 ± 0,01 aAB	0,18 ± 0,02 aCD	0,19 ± 0,01 aABCD	0,19 ± 0,02 aAB
0,5	25	0,18 ± 0,02 aA	0,17 ± 0,01 aAB	0,18 ± 0,04 aCD	0,15 ± 0,01 abBCD	0,12 ± 0,04 bE
	5	0,17 ± 0,01 bA	0,21 ± 0,02 aA	0,18 ± 0,02 abBCD	0,18 ± 0,03 abABCD	0,19 ± 0,02 abAB
0,75	25	0,18 ± 0,04 aA	0,16 ± 0,01 aB	0,17 ± 0,01 aCD	0,16 ± 0,01 aABCD	0,16 ± 0,02 aABCD
	5	0,17 ± 0,02 bA	0,19 ± 0,03 abAB	0,23 ± 0,02 aAB	0,19 ± 0,02 abABCD	0,18 ± 0,02 bABC
1,00	25	0,19 ± 0,02 aA	0,15 ± 0,01 bB	0,17 ± 0,02 abCD	0,15 ± 0,00 bBCD	0,16 ± 0,03 abABCD
	5	0,19 ± 0,02 aA	0,19 ± 0,03 aAB	0,21 ± 0,02 aABCD	0,19 ± 0,01 aABC	0,18 ± 0,01 aABCD
1,25	25	0,20 ± 0,02 aA	0,16 ± 0,01 abB	0,17 ± 0,02 abCD	0,15 ± 0,01 bCD	0,13 ± 0,03 bDE
	5	0,18 ± 0,02 aA	0,19 ± 0,02 aAB	0,21 ± 0,01 aABC	0,20 ± 0,04 aABC	0,19 ± 0,03 aABC
1,5	25	0,20 ± 0,02 aA	0,15 ± 0,02 bB	0,16 ± 0,00 abD	0,16 ± 0,02 abABCD	0,14 ± 0,01 bCDE
	5	0,18 ± 0,02 bA	0,19 ± 0,02 bAB	0,24 ± 0,01 aA	0,20 ± 0,01 bAB	0,17 ± 0,02 bABCD
RATIO						
0	25	46,0 ± 3,7 aA	54,8 ± 2,1 aAB	53,0 ± 2,4 aAB	55,1 ± 2,7 aABC	53,3 ± 8,5 aCDEF
	5	49,1 ± 4,8 aA	41,3 ± 1,0 aBC	46,3 ± 3,1 aABCD	41,0 ± 2,9 aCD	40,4 ± 6,3 aF
0,25	25	47,0 ± 3,3 cA	47,7 ± 4,5 cABC	49,5 ± 2,4 bcABCD	60,0 ± 1,4 abAB	63,6 ± 15,7 aABC
	5	50,6 ± 6,9 aA	42,9 ± 2,4 aABC	43,5 ± 1,0 aABCD	40,6 ± 1,7 aD	42,1 ± 2,9 aF
0,5	25	48,0 ± 4,9 bcA	48,0 ± 2,0 bcABC	45,2 ± 10,7 cABCD	58,4 ± 4,0 bAB	75,7 ± 14,1 aA
	5	51,8 ± 1,7 aA	39,4 ± 2,4 bC	43,5 ± 1,2 abABCD	45,7 ± 4,1 abBCD	44,3 ± 1,7 abF
0,75	25	47,3 ± 7,7 bA	51,5 ± 5,7 abABC	52,0 ± 0,5 abABC	58,9 ± 0,6 abAB	59,4 ± 5,2 aBCDE
	5	51,1 ± 5,0 aA	44,8 ± 5,5 abABC	38,0 ± 1,4 bCD	43,3 ± 6,2 abCD	47,2 ± 4,7 abEF
1,00	25	44,1 ± 3,7 bA	55,8 ± 3,8 aA	53,6 ± 6,3 abA	62,9 ± 0,4 aA	61,8 ± 6,8 aABCD
	5	46,4 ± 3,5 aA	45,6 ± 7,3 aABC	39,2 ± 3,2 aBCD	39,9 ± 1,5 aD	45,2 ± 2,1 aEF
1,25	25	43,9 ± 2,5 cA	53,9 ± 1,8 bcAB	50,4 ± 2,3 bcABC	61,1 ± 1,6 abA	72,3 ± 10,4 aAB
	5	48,9 ± 4,2 aA	44,4 ± 5,0 aABC	41,3 ± 1,0 aABCD	43,7 ± 6,6 aCD	44,8 ± 8,4 aF
1,5	25	43,8 ± 2,4 cA	56,0 ± 3,1 abA	55,3 ± 1,6 bcA	53,2 ± 11,7 bcABCD	67,5 ± 5,2 aABC
	5	49,0 ± 3,7 aA	44,8 ± 4,2 abABC	35,4 ± 0,6 bD	43,4 ± 1,6 abCD	49,0 ± 2,5 aDEF

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical representam diferença estatística ao nível de erro de 5% pelo teste de Tukey. TA = Temperatura de Armazenamento.

sentaram maior incidência de doenças em relação às amostras controle (Figura 5). Dentro de cada dose a incidência de doenças aumentou ao longo dos dias de armazenamento.

As doenças pós-colheita em frutos de pimenta são provocadas, principalmente, pelo fungo *Colletotrichum* spp., que causa a antracnose, e pela bactéria *Pectobacterium* spp., que causa a podridão mole. Essas doenças podem provocar grandes perdas devido aos frutos descartados na comercialização. Outros fungos que podem causar podridão nos frutos, sobretudo após a ocorrência de ferimentos e danos mecânicos são *Geotrichum* sp. e *Rhizopus* sp. Além disso, o pedúnculo dos frutos pode ser atacado por fungos, como *Alternaria alternata*, *Fusarium* spp. e *Cladosporium fulvum*, e por bactérias, como *Pectobacterium* spp., o que compromete a qualidade visual do produto.²²

Apesar da radiação ionizante reduzir perdas durante a estocagem, prorrogar o prazo de validade e ou garantir a segurança microbiológica e parasitológica de alimentos,⁸

no presente estudo as doses de radiação empregadas (0,25 a 1,50kGy) não tiveram efeito sobre os microrganismos contaminantes e deterioradores da pimenta. Este resultado pode ser explicado pela dose de radiação empregada. De acordo com FDA,³⁰ doses de radiação abaixo de 2kGy são usadas para diminuir brotamento de vegetais e envelhecimento de frutas, sendo necessário doses mais elevadas, até 10kGy para reduzir níveis de micro-organismos patogênicos. Além disso, a irradiação pode estressar e acelerar o metabolismo do vegetal, deixando-o mais suscetível ao ataque de fungos e bactérias.

Na temperatura de 5°C não houve aumento significativo de doenças entre as doses e entre os tempos de armazenamento, demonstrando que a refrigeração teve um efeito benéfico no controle de patógenos. No entanto, Molinari¹⁸ revelou que a incidência de doenças foi a principal causa de descarte de mamão irradiado com doses de 0,4 e 0,7kGy conservados sob refrigeração, sendo a antracnose a mais frequente.

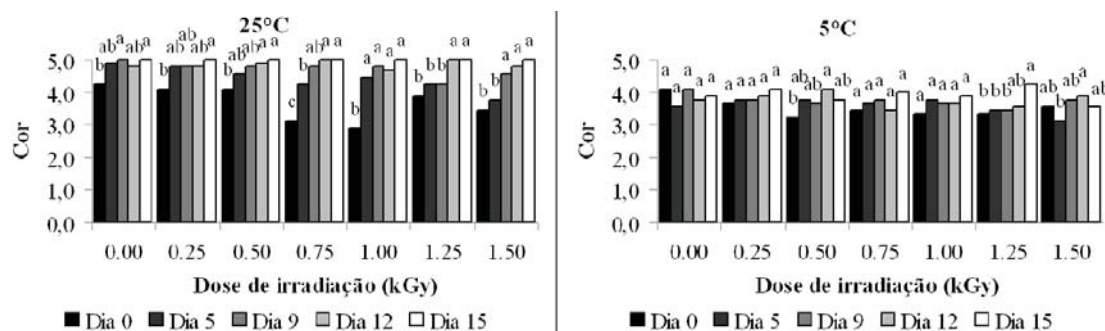


FIGURA 4 – Efeito da radiação gama e do tempo de armazenamento na análise visual de cor da pimenta.

Tabela 3 – Efeito da radiação gama e da temperatura de armazenamento nos parâmetros de luminosidade (L), croma (C) e ângulo hue (H) das pimentas.

continua

Dose (kGy)	TA (°C)	Tempo de armazenamento (dias)				
		1	5	9	12	15
LUMINOSIDADE						
0	25	33,0 ± 1,1 ^{aA}	33,7 ± 3,4 ^{aA}	32,2 ± 3,1 ^{aA}	33,8 ± 0,4 ^{aA}	32,9 ± 1,0 ^{aB}
	5	36,3 ± 1,5 ^{aA}	31,8 ± 2,6 ^{aA}	36,1 ± 2,4 ^{aA}	33,1 ± 3,7 ^{aA}	37,4 ± 3,1 ^{aAB}
0,25	25	33,8 ± 5,2 ^{aA}	33,4 ± 4,4 ^{aA}	31,4 ± 1,7 ^{aA}	33,9 ± 1,1 ^{aA}	34,4 ± 3,0 ^{aB}
	5	35,5 ± 3,3 ^{aA}	33,1 ± 2,0 ^{aA}	33,0 ± 1,4 ^{aA}	33,9 ± 1,3 ^{aA}	33,4 ± 3,5 ^{aB}
0,5	25	38,8 ± 0,3 ^{aA}	33,3 ± 2,1 ^{aA}	31,4 ± 0,3 ^{aA}	33,5 ± 1,8 ^{aA}	34,2 ± 0,6 ^{aB}
	5	37,4 ± 1,3 ^{aA}	37,1 ± 0,9 ^{aA}	35,6 ± 1,4 ^{aA}	32,6 ± 4,8 ^{aA}	35,9 ± 1,4 ^{aAB}
0,75	25	36,0 ± 3,3 ^{aA}	32,9 ± 4,0 ^{aA}	32,6 ± 1,1 ^{aA}	33,1 ± 0,9 ^{aA}	33,8 ± 0,1 ^{aB}
	5	35,6 ± 2,9 ^{aA}	35,0 ± 2,0 ^{aA}	35,6 ± 1,3 ^{aA}	35,7 ± 3,2 ^{aA}	34,5 ± 3,1 ^{aB}
1,00	25	35,2 ± 1,3 ^{aA}	33,6 ± 2,4 ^{aA}	33,7 ± 0,9 ^{aA}	34,8 ± 1,8 ^{aA}	32,4 ± 1,1 ^{aB}
	5	35,4 ± 1,3 ^{aA}	34,7 ± 2,4 ^{aA}	34,8 ± 0,8 ^{aA}	35,4 ± 3,3 ^{aA}	35,7 ± 3,5 ^{aAB}
1,25	25	38,5 ± 4,5 ^{aA}	35,8 ± 3,2 ^{aA}	34,3 ± 5,1 ^{aA}	35,6 ± 1,5 ^{aA}	35,8 ± 1,7 ^{aAB}
	5	36,3 ± 5,2 ^{aA}	35,1 ± 1,1 ^{aA}	32,3 ± 5,0 ^{aA}	38,4 ± 4,3 ^{aA}	36,3 ± 2,1 ^{aAB}
1,5	25	35,9 ± 3,1 ^{aA}	35,6 ± 2,1 ^{aA}	32,5 ± 1,7 ^{aA}	35,0 ± 1,7 ^{aA}	34,6 ± 1,5 ^{aB}
	5	35,6 ± 1,7 ^{bA}	35,7 ± 1,8 ^{bA}	34,9 ± 1,4 ^{bA}	37,1 ± 1,5 ^{abA}	45,1 ± 21,5 ^{aA}
CROMA						
0	25	32,2 ± 3,4 ^{aA}	39,0 ± 1,5 ^{aAB}	36,8 ± 3,0 ^{aA}	36,0 ± 2,5 ^{aA}	36,4 ± 0,3 ^{aA}
	5	33,2 ± 4,4 ^{aA}	36,0 ± 3,8 ^{aAB}	38,1 ± 5,0 ^{aA}	37,0 ± 3,3 ^{aA}	35,9 ± 8,2 ^{aA}
0,25	25	33,5 ± 3,7 ^{aA}	37,3 ± 2,0 ^{aAB}	35,4 ± 1,4 ^{aA}	37,4 ± 1,9 ^{aA}	36,5 ± 1,4 ^{aA}
	5	31,3 ± 5,8 ^{aA}	34,5 ± 3,0 ^{aAB}	35,8 ± 2,9 ^{aA}	33,1 ± 2,5 ^{aA}	31,9 ± 6,3 ^{aAB}
0,5	25	34,0 ± 1,7 ^{aA}	40,0 ± 1,2 ^{aAB}	36,9 ± 1,6 ^{aA}	35,9 ± 1,9 ^{aA}	36,7 ± 1,3 ^{aA}
	5	29,7 ± 3,1 ^{bA}	38,6 ± 0,4 ^{aAB}	35,0 ± 2,9 ^{abA}	38,4 ± 4,4 ^{aA}	32,2 ± 3,3 ^{abAB}
0,75	25	32,5 ± 3,1 ^{aA}	38,6 ± 0,8 ^{aAB}	38,0 ± 2,4 ^{aA}	36,8 ± 0,6 ^{aA}	36,1 ± 0,8 ^{aA}
	5	29,1 ± 3,3 ^{abA}	33,6 ± 1,6 ^{abAB}	37,3 ± 6,4 ^{aA}	32,5 ± 1,1 ^{abA}	28,4 ± 4,4 ^{bAB}
1,00	25	26,4 ± 4,2 ^{bA}	41,6 ± 0,6 ^{aA}	38,0 ± 1,5 ^{aA}	39,1 ± 1,8 ^{aA}	35,8 ± 1,0 ^{aA}
	5	24,8 ± 3,4 ^{aA}	31,1 ± 1,8 ^{aB}	33,1 ± 4,4 ^{aA}	31,2 ± 7,4 ^{aA}	30,8 ± 2,6 ^{aAB}
1,25	25	32,9 ± 1,8 ^{aA}	40,9 ± 2,3 ^{aAB}	36,9 ± 1,9 ^{aA}	39,1 ± 3,0 ^{aA}	35,5 ± 4,4 ^{aA}
	5	28,8 ± 7,4 ^{aA}	32,3 ± 4,2 ^{aAB}	29,5 ± 8,0 ^{aA}	31,6 ± 5,9 ^{aA}	31,1 ± 5,3 ^{aAB}
1,5	25	31,7 ± 2,6 ^{aA}	37,2 ± 2,4 ^{aAB}	36,6 ± 5,4 ^{aA}	39,0 ± 0,9 ^{aA}	37,3 ± 2,2 ^{aA}
	5	27,0 ± 4,5 ^{abA}	32,6 ± 2,4 ^{aAB}	30,3 ± 3,4 ^{abA}	32,6 ± 3,9 ^{aA}	22,9 ± 5,8 ^{bB}
ÂNGULO HUE						
0	25	57,6 ± 5,4 ^{aAB}	37,7 ± 5,3 ^{abC}	32,8 ± 0,5 ^{bB}	34,7 ± 5,7 ^{bC}	31,8 ± 2,1 ^{bD}
	5	48,5 ± 5,4 ^{aB}	62,8 ± 16,0 ^{aABC}	51,7 ± 8,3 ^{aAB}	58,7 ± 5,9 ^{aABC}	61,6 ± 16,3 ^{aABC}
0,25	25	57,3 ± 3,0 ^{aAB}	41,7 ± 8,6 ^{abBC}	39,1 ± 10,6 ^{abAB}	34,0 ± 2,6 ^{bC}	34,0 ± 2,6 ^{bCD}
	5	57,2 ± 11,1 ^{aAB}	59,1 ± 7,7 ^{aABC}	56,6 ± 13,5 ^{aAB}	55,0 ± 7,4 ^{aABC}	58,2 ± 14,1 ^{aABCD}
0,5	25	51,6 ± 10,3 ^{aB}	42,8 ± 0,9 ^{aBC}	40,3 ± 10,6 ^{aAB}	37,8 ± 11,3 ^{aC}	31,6 ± 2,5 ^{aD}
	5	70,6 ± 8,1 ^{aAB}	63,7 ± 7,8 ^{abABC}	51,5 ± 1,6 ^{abAB}	43,0 ± 10,0 ^{bABC}	60,4 ± 18,2 ^{abABC}

Tabela 3 – Efeito da radiação gama e da temperatura de armazenamento nos parâmetros de luminosidade (L), croma (C) e ângulo hue (H) das pimentas.

conclusão

Dose (kGy)	TA (°C)	Tempo de armazenamento (dias)				
		1	5	9	12	15
0,75	25	75,3 ± 12,8 ^{aAB}	46,2 ± 12,3 ^{bBC}	35,9 ± 2,8 ^{bAB}	32,2 ± 0,7 ^{bC}	31,4 ± 1,7 ^{bD}
	5	67,1 ± 7,2 ^{aAB}	66,7 ± 2,8 ^{aAB}	52,2 ± 11,7 ^{aAB}	56,8 ± 3,3 ^{aABC}	65,8 ± 6,0 ^{aAB}
1,00	25	81,2 ± 12,0 ^{aA}	41,4 ± 3,3 ^{bBC}	37,1 ± 1,9 ^{bAB}	36,7 ± 4,7 ^{bC}	31,9 ± 1,4 ^{bD}
	5	80,0 ± 16,1 ^{aA}	64,9 ± 9,0 ^{aABC}	61,0 ± 8,6 ^{aA}	65,6 ± 19,1 ^{aAB}	69,9 ± 7,5 ^{aAB}
1,25	25	61,0 ± 13,9 ^{aAB}	47,3 ± 9,9 ^{abBC}	41,4 ± 5,1 ^{abAB}	35,7 ± 2,8 ^{bC}	36,8 ± 4,9 ^{bCD}
	5	74,9 ± 4,7 ^{aAB}	64,2 ± 6,3 ^{aABC}	61,0 ± 27,0 ^{aA}	67,4 ± 9,9 ^{aA}	52,5 ± 10,9 ^{aBCD}
1,5	25	67,3 ± 7,0 ^{aAB}	48,5 ± 8,6 ^{abBC}	48,0 ± 23,2 ^{abAB}	39,1 ± 9,4 ^{bBC}	35,6 ± 2,2 ^{bCD}
	5	73,7 ± 3,3 ^{abcAB}	78,2 ± 6,7 ^{abA}	53,6 ± 8,2 ^{cAB}	56,4 ± 6,6 ^{bcABC}	81,0 ± 24,1 ^{aA}

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical representam diferença estatística ao nível de erro de 5% pelo teste de Tukey. TA = Temperatura de Armazenamento.

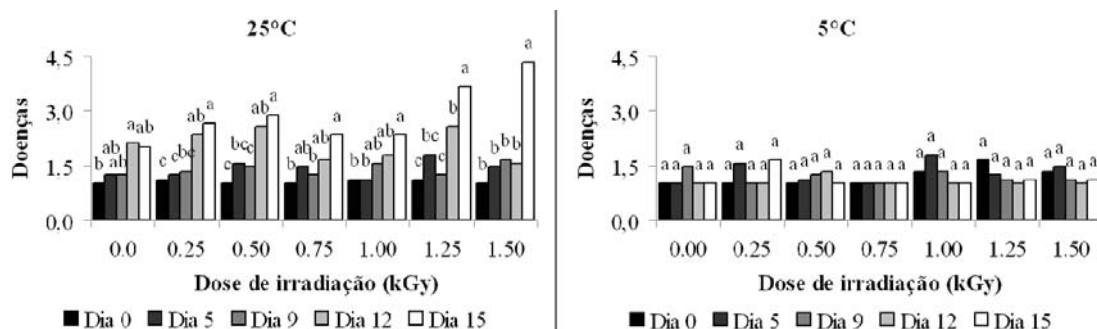


FIGURA 5 – Efeito da radiação gama e do tempo de armazenamento na análise visual de incidência de doenças da pimenta.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a irradiação por si só, não foi suficiente para controlar todos os fatores de degradação existentes na conservação da pimenta. O fator que mais contribuiu para manter a qualidade das pimentas durante a estocagem foi a refrigeração. Até o presente momento, nenhum estudo foi encontrado na literatura avaliando o efeito combinado da refrigeração e da irradiação ou de outras técnicas para conservação de pimentas *in natura*. Dessa forma, são necessários estudos que associem a irradiação com outros tratamentos de conservação, como uso de atmosfera controlada, embalagem ativa entre outros de modo a esclarecer e auxiliar no aumento da vida útil da pimenta.

MILAGRES, R. C. R. M.; POLES, L. F.; PIEDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Application of gamma radiation associated with different temperatures for conservation of *in natura* pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 223-233, abr./jun. 2012.

■ABSTRACT: The quality of the pepper and the factors affecting its conservation, are still largely unknown, although its nutritional value, economic and social in Brazil

and world is of great importance. Thus, the objective of this study was to extend the shelf-life of *in natura* Dedo-de-Moça pepper for use of irradiation associated with storage temperature. For this purpose, freshly harvested fruits were selected, packaged, irradiated with doses of 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 and 1.50kGy, stored at 5°C and 25°C for 15 days and evaluated for their physical-chemical characteristics (soluble solids, pH, total titratable acid, ratio, color, weight loss and moisture) and visual (disease incidence, turgidity and color). Refrigeration was the factor that most contributed to maintaining the quality of peppers for a longer period. Irradiation doses of 1.25 and 1.50kGy and the temperature of 25°C, let the fruit susceptible to the onset of disease. Thus, irradiation alone was not able to extend the shelf-life of peppers, requiring the application of other conservation techniques.

■KEYWORDS: Dedo-de-moça pepper; shelf-life; gamma radiation.

REFERÊNCIAS

- AKBUDAK, B.; TEZCAN, H.; ERIS, A. Effect of low-dose gamma irradiation on the quality of sweet cherry during storage. **Ital. J. Food Sci.**, v. 20, n. 3, p. 381-390, 2008.

2. ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, p. 413-419, 2003.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Arlington, 2005. 1141 p.
4. BOYNTON, B. B. **Determination of the effects of modified atmosphere packaging and irradiation on sensory characteristics, microbiology, texture and color of fresh-cut cantaloupe using modeling for package design**. Florida: University of Florida, 2004. Disponível em: <http://etd.fcla.edu/UF/UFE0008326/boynton>. Acesso em: 10 maio 2011.
5. CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, p. 53-57, 2003.
6. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras : UFLA, 2005. 783 p.
7. DUTRA, A. S. et al. Cinética da degradação da textura de pimentas em conserva. **B. CEPPA**, v. 25, n. 2, p. 267-274, 2007.
8. FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 17, p. 148-152, 2006.
9. FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Colheita e manejo pós-colheita da pimenta. **Inf. Agropec.**, v. 27, p. 99-103, 2006.
10. FRANÇOSO, I. L. T. et al. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, p. 614-619, 2008.
11. JIANG, T. et al. Effect of integrated application of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on physicochemical and microbiological properties of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). **Food Chem.**, v. 122, p. 761-767, 2010.
12. KHALIL, S. A. et al. Effects of gamma irradiation on quality of Pakistani blood red oranges (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Int. J. Food Sci. Technol.**, n. 44, p. 927-931, 2009.
13. KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. 214p.
14. LIMA, K. S. C. et al. Efeito da irradiação ionizante γ na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucos carota* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 21, p. 202-208, 2001.
15. MANOLOPOULOU, H. et al. Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: quality criteria. **Biosyst. Eng.**, v. 106, p. 535-543, 2010.
16. MIZANI, M. et al. Effect of gamma irradiation on physico-mechanical properties of spice packaging films. **Radiat. Phys. Chem.**, v. 78, p. 806-809, 2009.
17. MODA, E. M. **Aumento da vida útil de cogumelo *Pleurotus sajor-caju* in natura com aplicação de radiação gama**. 2008. 105f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2008.
18. MOLINARI, A. C. F. **Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita de mamão "Golden" tipo exportação**. 2007. 75f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
19. MOREHOUSE, M. Food irradiation – US regulatory considerations. **Radiat. Phys. Chem.**, v. 63, p. 281-284, 2002.
20. PIMENTEL, R. M. A.; WALDER, J. M. M. Gamma radiation in papaya harvested at three stages of maturation. **Sci. Agric.**, v. 61, n. 2, p. 146-150, 2004.
21. PINTO, C. M. F. et al. Plantas condimentares: do uso doméstico à comercialização. Colheita e manejo pós-colheita da pimenta. **Inf. Agropec.**, v. 31, p. 62-71, 2010.
22. RIBEIRO, C. S. C. (Org.) **Pimentas *Capsicum***. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, 2008. 200p.
23. RICO, C. W. et al. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum* L.). **Food Chem.**, v. 119, p. 1012-1016, 2010.
24. SANTOS, A. M. G. et al. Podridão por *Fusicoccum* em mangas submetidas a baixas doses de radiação gama. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 45, p. 1066-1072, 2010.
25. SANTOS, M. R. L. **Efeitos da radiação gama do ^{60}Co em frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2008. 75f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2008.
26. SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. Cary, NC, 1992. software.
27. SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, p. 139-145, 2008.
28. TOPUZ, A.; OZDEMIR, F. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annum* L.) grown in Turkey. **J. Food Compos. Anal.**, v. 20, p. 596-602, 2007.
29. TRIGO, M. J. et al. **Efeito da radiação gama em melão fresco minimamente processado**. Lisboa: UTL Repository Universidade Técnica, 2007. p. 359-363.

30. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Treatment schedules T 100**: schedules for fruits, nuts and vegetables. Treatment Manual 5, 04/2011-59. Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment_pdf/05_02_t100schedules.pdf. Acesso em: 17 Jun. 2011.
31. YU, L. et al. Quality of electron-beam irradiated strawberries. **J. Food Sci.**, v. 60, n. 5, p. 1084-1087, 1995.
32. XAVIER, I. F. et al. Qualidade pós-colheita da manga ‘Tommy Atkins’ comercializadas em diferentes estabelecimentos comerciais no município de Mossoró. **Rev. Caatinga**, v.22, p.7-13, 2009.

Recebido em: 18/07/2011

Aprovado em: 08/12/2011