

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

MIRELA ANDRESSA MALUF SOUZA

**Determinação da dose de radiação ionizante para conservação de
três cultivares híbridos de cebola (*Allium cepa* L.)**

**Piracicaba
2014**

MIRELA ANDRESSA MALUF SOUZA

**Determinação da dose de radiação ionizante para conservação de
três cultivares híbridos de cebola (*Allium cepa* L.)**

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

**Dissertação apresentada ao Centro de
Energia Nuclear na Agricultura da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

**Orientador: Prof. Dr. Júlio Marcos Melges
Walder**

Piracicaba

2014

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Souza, Mirela Andressa Maluf

Determinação da dose de radiação ionizante para conservação de três cultivares de híbrido de cebola (*Allium cepa* L.) / Mirela Andressa Maluf Souza; orientador Júlio Marcos Melges Walder. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.

60 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Conservação de alimentos 2. Hortaliças de bulbo 3. Irradiação de alimentos I. Título

CDU 635.25 : 664.8.039.5

*Aos meus pais,
Ariovaldo e Maria Aparecida,
ao meu marido Cléber
pelo amor, apoio, confiança e incentivo.
Espero ter sido merecedora
de todo esforço dedicado por vocês.
Em especial, a minha filha Ana Cristina,
que me ensinou a mais pura forma de amar.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por estar sempre ao meu lado, orientando meus caminhos, e me capacitando naquilo que fui destinada.

Ao conselho de pós graduação do centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Júlio Marcos Melges Walder pela orientação, oportunidade na realização deste trabalho.

Ao Sr. Alberto da Casa da Agricultura de Piedade pelo fornecimento das Cebolas.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN/USP) pela irradiação das amostras.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

A amiga Kelin Schwarz pelo carinho, paciência, amizade, presença constante nesse trabalho, sempre atenciosa e prestativa.

A Maria de Lourdes Costa, Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radiotomologia (CENA/USP), pela amizade, paciência, dedicação, e ajuda com assuntos burocráticos.

A Clarisse Matraia, Laboratório de Radiobiologia e Ambiente (CENA/USP), pela ajuda nas análises físicas.

A Lúcia Cristina Aparecida Santos Silva, Laboratório de Radiobiologia e Ambiente (CENA/USP), pela ajuda nas análises sensoriais do primeiro dia após a irradiação.

Ao Prof. Dr. Valter Arthur, Laboratório de Radiobiologia e Ambiente (CENA/USP), por ceder o espaço para a primeira análise sensorial.

Ao Departamento de Agroindústria de Alimentos e Nutrição (LAN/ESALQ) por proporcionar a infraestrutura necessária para realização do trabalho.

As estagiarias, Anaíle dos Mares Biazotto, Carolina Camargo Nogueira Sales, Patrícia Marins Freire Teberga, Angélica Castro Iobbi, do Grupo de extensão em Frutas e Hortaliças (GEFH) pela ajuda nas análises sensoriais e físico-químicas.

Ao pessoal do Serviço de Proteção Radiológica (CENA/USP) pelo carinho e amizade.

Aos meus pais Ariovaldo e Maria Aparecida, e meu irmão Luiz Gustavo pelo imenso estímulo e força em todos os momentos.

Ao meu marido Cleber pelo companheirismo e apoio.

Aos meus sogros Celso e Marlete pelo incentivo.

As minhas cunhadas Ana Claudia e Fernanda e meu cunhado Fernando pela amizade, carinho e pela dedicação e amor a sobrinha.

A minha filha Ana Cristina e meu sobrinho Davi pelo amor incondicional.

As minhas amigas Ana Júlia Vidal, Natália Gimenes e Thais Casagrande por se fazerem tão especial em momentos importantes das nossas vidas.

A Equipe de Pós Graduação, Daiane Vieira, Fábio Antônio de Souza Oliveira, Neuda Fernandes de Oliveira, pela ajuda em muitos momentos, sempre pacientes e alegres.

Aos provadores das análises sensoriais.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desse trabalho, sempre ajudando.

MUITO OBRIGADA!!!!

*E ainda que tivesse o dom da profecia,
e conhecesse todos os mistérios e toda ciência,
e ainda tivesse toda fé,
de maneira tal que transportasse os montes,
e não tivesse amor, eu nada seria.*

(1Co 13.2)

RESUMO

SOUZA, M. A. M. **Determinação da dose de radiação ionizante para conservação de três cultivares híbridos de cebola (*Allium cepa* L.)**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

A cebola é a terceira hortaliça mais produzida do mundo, sendo que o Brasil é o oitavo produtor mundial, participando com 2% dessa produção e 36% da produção sul-americana. O Brasil é um dos maiores consumidores de cebola do mundo, sendo a sua maior parte comercializada *in natura*. A cebola, como as demais hortaliças, é um produto altamente perecível, o que determina importantes perdas pós-colheitas se não forem observadas as devidas técnicas de produção. O objetivo do presente trabalho foi determinar a dose de radiação gama específica para os cultivares híbridos Aguaris, Goiana e Optima, baseada na conservação da cebola por um período de armazenamento, e determinar os efeitos da radiação gama sobre as características físico-químicas. Após a irradiação das cebolas com doses de 40, 60, 80 e 100 Gy, as cebolas foram mantidas a temperatura e umidade relativa do ar ambiente. As seguintes análises foram realizadas mensalmente: perda de massa fresca, por um período de 90 dias de armazenamento, brotamento externo e putrefação, coloração interna e teor de sólidos solúveis por um período de 150 dias e análises sensoriais (Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho), por um período de 120 dias. Tendo em vista os resultados obtidos foi possível verificar que o processo de irradiação inibiu o brotamento e manteve as características sensoriais e físico-químicas, analisadas nesse trabalho, permitindo a conservação das cebolas por 120 dias, no mínimo. Dentre as doses de radiação analisadas e os cultivares, o tratamento de 60 Gy para a cultivar Aguaris se fez mais eficiente para a conservação das cebolas por um período de no mínimo 120 dias. Já para a Optima as doses de 40, 60, 80, 100 Gy se mostraram eficientes para a conservação da cebola por um período prolongado de armazenamento. E para a Goiana, na maior parte do tempo, praticamente não houve diferença na conservação das cebolas irradiadas ou não.

Palavras - chave: Conservação de alimentos. Irradiação de alimentos. Brotamento. Raios γ .

ABSTRACT

SOUZA, M. A. M. **Ascertainment of ionizing radiation dose to the conservation of three hybrid onions cultivars (*Allium cepa* L.)**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

Onion is the third most produced vegetable in the world. The Brazilian production is the eight largest one in the world ranking, accounting for 2% of the worldwide production and for 36% of the South American production. Brazilians are one of the largest consumers of onion, most of it traded in the fresh market. Onion, as other vegetables, is a high perishable product, and that can determinate significant post-harvest losses in case of appropriate production techniques were not observed. This study aimed to determinate the specific *gamma* radiation dose to the hybrid onion cultivars Aguaricus, Goiana and Optima, based on the conservation of the onion for a long stocking period, and also to determinate the effects of the *gamma* radiation on the physical and chemical properties. After the irradiation of the onions with doses of 40, 60, 80 and 100 Gy, onions were conserved in relative temperature and humidity conditions. The following analyses were applied in a monthly basis: loss of fresh mass, for a stocking period of 90 days, external sprout and putrefaction, internal coloring and soluble solids level for a period of 150 days and sensorial analyses (external general appearance, sturdiness, internal general appearance, smell and brightness), for a period of 120 days. Based on the outcome, it was possible to note that the irradiation process has inhibited the sprout process and maintained the sensorial, physical and chemical properties that have been analyzed in this studied, allowing the onion conservation for 120 days, at least. Among the analyzed radiation doses and the onion cultivars, the treatment with 60 Gy to the Aguaricus cultivar was the most efficient for the onion conservation for a period of 120 days at least. To Optima cultivar, the doses of 40, 60, 80, 100 Gy were the most efficient for the onion conservation for a long stocking period. And to Goiana cultivar, during the most part of the time, there were almost no difference in the conservation of onions irradiated or not.

Keywords: Food conservation. Food irradiation. Ray γ . Sprout.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2. OBJETIVOS	18
3. REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1 Características da cebola (<i>Allium cepa</i> L.)	19
3.2 Irradiação	21
3.2.1 Alterações Causadas pela Irradiação (URBAIN, 1986)	22
3.2.1.1 Morfológicas e Histológicas	22
3.2.1.2 Bioquímica	22
3.2.1.3 Metabólica	23
3.2.1.4 Nutricionais	24
3.2.2 Uso da irradiação no aumento da vida útil de cebolas	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Aparência Geral Externa e Firmeza	33
4.2 Perda de peso ou massa fresca	33
4.3 Brotamento externo e putrefação	33
4.4 Coloração Interna	34
4.5 Brotamento Interno	34
4.6 Avaliação Sensorial Interna	34
4.7 Teor de Sólidos Solúveis (Brix)	34
5 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5.1 Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho	35
5.2 Brotamento externo e putrefação, Coloração Interna (valores de L, a, b), Brotamento Interno, Teor de sólidos solúveis	35
5.3 Perda de Peso	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1 Análise Sensorial	36

6.1.1 Aparência Geral Externa.....	37
6.1.2 Firmeza.....	38
6.1.3 Aparência Geral Interna.....	40
6.1.4 Brilho.....	42
6.1.5 Odor (pungência).....	43
6.2 Análises Físico-químicas	44
6.2.1 Teor de Sólidos Solúveis	45
6.2.2 Coloração Interna	46
6.2.2.1 Parâmetro L	46
6.2.2.2 Parâmetro a*	47
6.2.2.2 Parâmetro b*.....	48
6.2.3 Brotamento externo e Putrefação	49
6.2.4 Brotamento Interno	50
6.2.5 Perda de massa fresca	51
7 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXO A - Ficha da análise sensorial Aparência Geral Externa e Firmeza para o cultivar Aguaricus.	58
ANEXO B- Ficha da análise sensorial Aparência Geral Interna, Odor e Brilho para a cultivar Goiana.....	60

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cebola é a terceira hortaliça mais produzida do mundo, sendo que o Brasil é o oitavo produtor mundial, participando com 2% dessa produção e 36% da produção sul-americana. A cebola se destaca economicamente junto com a batata e o tomate, tanto pelo volume produzido quanto pela rentabilidade gerada, já que cada brasileiro consome, em média, 06 kg/ano, (Campo & Negócio, 2013)

O Brasil é dos maiores consumidores de cebola do mundo, sendo a sua maior parte comercializada *in natura*, na forma de saladas ainda que o consumo de temperos ou processada venha crescendo gradativamente na alimentação humana (OLIVEIRA et al., 2004).

A safra de cebola no Brasil, em 2013, atingiu 1.428.112 ton, sendo a Região Nordeste responsável por 15,4%, a Sudeste por 29,2% e a Sul por 55,4% . O Estado de São Paulo é o segundo produtor de cebolas com 17%, ficando atrás somente de Santa Catarina com 32,9%.(IBGE, 2014)

A cebola, como as demais hortaliças, é um produto altamente perecível, o que determina importantes perdas pós-colheitas se não forem observadas as devidas técnicas de produção, como ponto de colheita, tempo de cura, armazenamento, manuseio e transporte (MORETTI; DURIGAN, 2002).

O mundo joga fora um terço dos alimentos que produz. Esta conclusão é de uma pesquisa realizada pelo Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK) e pela Organização Mundial de Alimentos e Agricultura (FAO). Os dados foram colhidos entre agosto de 2010 e janeiro de 2011 e indicam que o planeta perde 1,3 bilhões de toneladas de alimentos. A pesquisa mostrou também que 670 milhões de toneladas são perdidas nos países ricos e 730 milhões nos países em desenvolvimento. Frutas e hortaliças, assim como raízes e tubérculos, são os alimentos mais desperdiçados, e a quantidade de mantimentos que se perde ou desperdiça a cada ano equivale a mais da metade da colheita mundial de cereais. (GUSTAVSSON et al., 2011).

As maiores perdas em alimentos ocorrem no manuseio pós-colheita. No Brasil, estima-se que cerca de 30% a 40% da colheita, ou seja, 11milhoes de

toneladas de frutas e hortaliças que não chegam aos consumidores. Isso se deve a um importante, mas negligenciado fator, que é a conservação pós-colheita. Se essas perdas fossem reduzidas através de uma tecnologia melhorada, o suprimento de alimentos para o Brasil poderia ser aumentada em 30%. Isto tudo não se levando em conta o que o consumidor perde em casa após a compra. Portanto, além de um aumento na produção do alimento, a conservação dos mesmos permanece como um fator importante no planejamento nacional para melhorar a disponibilidade de alimentos.

Os produtos olerícolas são exemplos de grandes perdas pós-colheita. As causas são devido a uma grande gama de razões. Os fatores físicos, fisiológicos, bem como os microbiológicos e entomológicos podem ser geralmente caracterizados como perdas na qualidade e valor nutricional do alimento.

Dos fatores fisiológicos que afetam o armazenamento dos produtos olerícolas como a cebola (*Allium cepa L.*), o brotamento é a mais óbvia manifestação de deterioração. Como consequência do brotamento podemos observar a perda no valor comercial, amolecimento e envelhecimento, assim como a perda do valor nutricional.

O objetivo da maioria dos métodos de armazenamento é prolongar o período de dormência dos tubérculos e bulbos sem afetar suas qualidades nutritivas e culinárias.

O método químico, usando inibidores de brotamento, atualmente proibido, apresenta inúmeras limitações, como um grau de ineficiência, a necessidade de permissão legal para o uso prático e os riscos de toxicidade para a saúde humana.

A refrigeração, outro método alternativo para o controle do brotamento, é muito dispendiosa e, por essa razão, seu uso é muito limitado na prática. Após o armazenamento em refrigeração, os bulbos e tubérculos tendem a brotar mais rapidamente.

O uso da radiação ionizante como um inibidor de brotamento tem se mostrado extremamente vantajoso para a preservação de produtos olerícolas (THOMAS, 1984; TOMAS, 1985; WALDER et al., 1997). Este tratamento ionizante permite o armazenamento em condições ambientais de bulbos até a colheita seguinte, controlando os problemas gerados pela entressafra. Além disso, oferece vantagens de não deixar resíduo, é um tratamento mais homogêneo, de grande eficiência e

com baixo índice de manuseio, reduzindo conseqüentemente o dano mecânico e os custos do tratamento.

Porém, os procedimentos tecnológicos do processo de irradiação tem que ser bem estabelecidos para fornecerem um produto de melhor qualidade no mercado. As condições mais adequadas para a inibição de brotamento pela radiação ionizante em bulbos devem ser averiguadas antes da aplicação e armazenamento. As variedades a serem irradiadas e outros fatores agrônômicos devem ser muito bem definidos. Uma simples extrapolação de dados obtidos em outros países sob diferentes condições ambientais e de cultivo e até mesmo com diferentes cultivares, não é aconselhável, sob o risco de grande insucesso.

Nos últimos anos novas cultivares híbridas de cebola foram introduzidas no Brasil, visando uma colheita mais precoce em áreas de produção mais apropriadas.

Em razão disso, se faz necessário estudos que definam quais dos novos cultivares híbridos de cebola seriam indicadas para o tratamento com radiação, e quais as doses ionizantes indicadas.

2. OBJETIVOS

2.1. Determinar a dose de radiação gama específica para cada cultivar, baseada na conservação da cebola por um período de armazenamento.

2.2. Determinar os efeitos da radiação gama sobre as características físicas e químicas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Características da cebola (*Allium cepa* L.)

Oriunda do Oriente, Ásia Ocidental, é muito cultivada na Europa e nas Américas. A cebola está presente na alimentação, e no tempero, das cozinhas do mundo inteiro. No Brasil é parte integrante da culinária do cotidiano nacional. Os produtores de cebola, brasileiros e argentinos, garantem cebola fresca durante todo o ano para o consumidor brasileiro, com sabor regional. O produtor brasileiro de cebola é bom de briga, mostrando a sua competência ao aumentar a produção em 22% nos últimos 10 anos, e, fazendo crescer a oferta do produto em meses tradicionalmente ocupados pela produção Argentina (CEASA CAMPINAS, 2014).

Segundo Joly, 1993 a classificação taxômica da cebola é: divisão – *Magnoliophyta*; Classe – *Liliopsida*; *-Liliales*; Família – *Liliaceae*; Gênero – *Allium* e Espécie – *Allium cepa* L. A cebola é uma planta bianual para produção de sementes, e anual para produção de bulbos. As folhas da cebola são basais, presas a um caule subterrâneo. Cada folha nova procede de um pequeno orifício existente na base da folha formada anteriormente. As raízes são fasciculadas, chegando a produzir de 20 a 200 raízes principais. O caule da cebola é do tipo bulbo, que é subterrâneo. Composto de um eixo cônico envolvido por folhas escamiformes, cobrindo-se completamente umas às outras e acumulando reservas nutritivas (MINAMI, K; 1983).

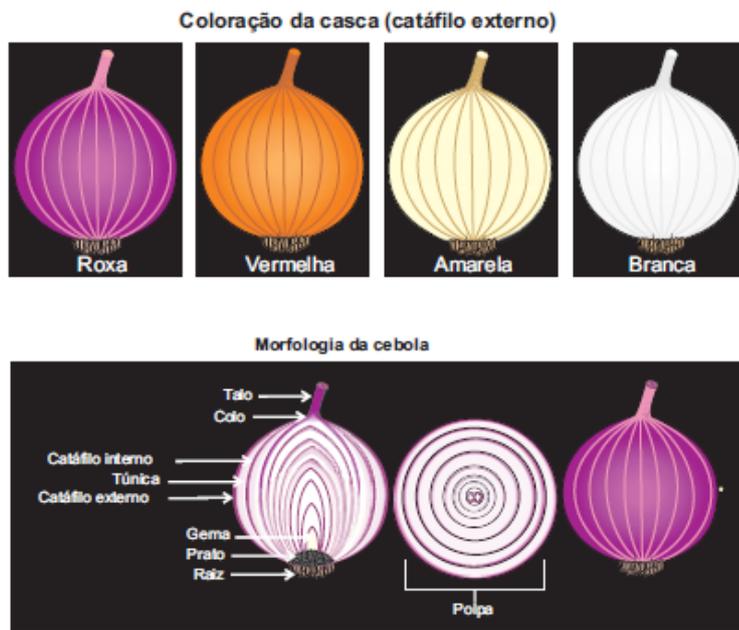


Figura 1 - Coloração da Casca da cebola e morfologia

Desenho: Bertoldo Borges Filho / CQH -Centro de Qualidade em Horticultura da CEAGESP - Revisão: Claudio Inforzato Fanale/ Técnico Qualidade CQH/CEAGESP

Comparada com outros vegetais frescos, a cebola pode ser conservada por períodos relativamente longos devido ao mecanismo natural de dormência e baixa taxa de respiração e atividade metabólica. As práticas culturais pré colheita e condições de crescimento, maturidade, cura e condições de armazenamento pós-colheita podem influenciar na perda das cebolas armazenadas. Geralmente as variedades consideradas médias e pobres na qualidade para o armazenamento possuem baixo conteúdo de matéria seca, enquanto aquelas que são mais pungentes e conservam-se melhor no armazenamento possuem alto conteúdo de matéria seca.

A capacidade de armazenamento das cebolas é variável. Os tipos mais pungentes têm altos teores de sólidos solúveis, podem ser armazenados por períodos mais longos. Já os tipos mais suaves, com menores teores de sólidos solúveis e menor pungência, normalmente não são armazenados por mais de 1 a 3 meses. A temperatura de armazenamento deve estar entre 0° e 5° ou 20° e 30°, já que temperaturas intermediárias favorecem o amolecimento (KADER, 2002).

A cura ou secagem das cebolas antes de serem armazenadas é mais importante do ponto de vista da redução de perdas devido à dessecação bem como patógenos deteriorantes. A cura das cebolas pode ser definida como um tratamento de secagem na superfície externa e pedúnculo da cebola, tornando-a menos permeável à umidade e mais resistente ao ataque de microorganismos.

Dos vários fatores fisiológicos que afetam o armazenamento da cebola, o brotamento é a manifestação mais óbvia de deterioração. O brotamento normalmente se inicia depois de um período de dormência, o qual pode durar semanas, dependendo de fatores como variedade, maturidade do bulbo, danos mecânicos, infecções dos bulbos e condições de armazenamento, principalmente a temperatura. As consequências do brotamento podem incluir perda de peso, amolecimento, perda do valor nutricional e problemas com a seleção e classificação dos bulbos brotados.

3.2 Irradiação

A irradiação é uma técnica eficiente na conservação dos alimentos pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação e envelhecimento), além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os também mais seguros ao consumidor.

A irradiação de alimentos é o tratamento dos mesmos com radiação ionizante. O processo consiste em submetê-los, já embalados ou a granel, a uma quantidade minuciosamente controlada dessa radiação, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados. A irradiação pode impedir a multiplicação de microrganismos que causam a deterioração do alimento, tais como bactérias e fungos, pela alteração de sua estrutura molecular, como também inibir a maturação de algumas frutas e legumes, através de alterações no processo fisiológico dos tecidos da planta.

Uma das mais promissoras aplicações das radiações ionizantes na preservação de alimentos é a inibição do brotamento em tubérculos (batata) e bulbos (cebola e alho), por causa de sua óbvia praticabilidade ao nível de doses baixas. Os brotamentos podem ser controlados com doses relativamente baixas de radiação.

3.2.1 Alterações Causadas pela Irradiação

3.2.1.1 Morfológicas e Histológicas

As cebolas são colhidas após o amadurecimento no campo e durante o período de secagem entram em dormência. Este período varia de acordo com a cultivar e condições ambientes de armazenamento. Passado este período, o bulbo começa a germinar, para a formação de uma nova planta. Se os bulbos são expostos a radiação ionizante durante o período de dormência, ocorrem importantes alterações morfológicas e histológicas nas gemas, que resultam em alteração e morte durante o armazenamento (THOMAS P., 2001).

3.2.1.2 Bioquímica

Inibição da síntese dos ácidos nucléicos e nucleotídeos

O processo normal de brotação se inicia no fim do período de dormência, tempo no qual se apresenta uma concentração de ácidos nucléicos e alguns outros compostos, nos pontos de crescimento, a um nível definido de conteúdo e composição.

É provável que a transição do estado de dormência para o crescimento ativo pode ser pela estimulação da síntese de nucleotídeos fosfatados, seguido da acumulação de quantidades e qualidades de ácidos nucléicos necessários para o brotamento (THOMAS, P., 2001)

A irradiação com doses > 50Gy diminui a síntese dos ácidos nucléicos, altera a sua composição e induz sua degradação nos tecidos meristemáticos. Também suprime a formação de nucleotídeos, principalmente o ATP (Trifosfato de adenosina). A inibição da síntese de ATP pela irradiação é devido a interrupção da cadeia entre a respiração e o processo de fosforilação. ATP é muito sensível a radiação. Subseqüentemente, muitas energias são desperdiçadas e não podem ser usadas para síntese de ácidos nucléicos e outras substâncias necessárias para o crescimento. A síntese de ácidos nucléicos é também muito sensível à radiação.

A inibição da síntese dos nucleotídeos e ácidos nucléicos nos tecidos meristemáticos é a base da inibição do brotamento em bulbos e tubérculos, ao se aplicar doses baixas de radiação (KORABLEVA; METLITSKY, 1963; CHACHIN et al. 1976).

Alteração na síntese das auxinas

Auxinas são hormônios vegetais reguladores de crescimento. A síntese da auxina é muito sensível a radiação. Durante o período de dormência, as auxinas estão ausentes dos pontos de crescimento ou combinadas em forma inativa. A iniciação do processo de crescimento requer um aumento o conteúdo de auxinas ou transformação desta na forma ativa (THOMAS, P., 2001).

Aberrações cromossômicas nas células dos tecidos meristemáticos

A irradiação pode induzir a ativação da oxidação das enzimas polifenóis para a forma de ortoquinonas as quais são ativamente absorvidas pelo núcleo celular inibindo a síntese de DNA e divisão celular e induzindo aberrações cromossômicas (ação mutagênica).

3.2.1.3 Metabólica

Os efeitos da radiação não aparecem logo após a irradiação, mas durante o armazenamento.

Respiração

Com doses de 50 a 150, logo após a irradiação há um aumento da respiração. Em seguida a respiração diminui durante 1 a 2 semanas, aumentando após este período (PARK et al., 1972). Depois gradualmente decresce no nível do controle em 10 semanas. O aumento da respiração após algumas semanas da irradiação corresponde ao aumento no conteúdo de açúcar. Visto que o processo do

metabolismo do açúcar em tubérculos é considerado como amido \Leftrightarrow açúcar \rightarrow CO₂, o aumento respiratório pode resultar no acúmulo de açúcar.

A respiração do broto diminui proporcionalmente com o aumento da dose. A diminuição na respiração nos tecidos do broto são 10% a 100 Gy e 40% a 150 Gy comparado com o controle não irradiado.

Enzimas Oxidantes e outras enzimas

A irradiação causa a diminuição da atividade das enzimas polifenol oxidase e peroxidase na mitocôndria de brotos. O aumento da sensibilidade das enzimas oxidantes no mitocôndrio parece ser devido a mudanças na sua estrutura causada pela irradiação. O aumento da respiração na massa de tecido imediatamente após a irradiação parece ser devido ao aumento na hidrólise de amido causado pela radiação e concomitantemente aumento no conteúdo do material respiratório em tubérculos.

Metabolismo de Ácidos Nucleicos e Nucleotídeos

Durante o brotamento, a síntese de DNA e RNA em brotos é intensificada. Se a irradiação é aplicada com doses para inibir o brotamento, a estrutura anatômica do broto é drasticamente mudada e o conteúdo e distribuição dos ácidos nucleicos dos vários tecidos é alterado, retardando a síntese, com mudanças na composição e indução da degradação de ácidos nucleicos. A síntese de DNA nos pontos de crescimento e a conversão para RNA são inibidas pela irradiação, conseqüentemente resultando no retardo da divisão celular.

3.2.1.4 Nutricionais

Carboidrato

As diversas pesquisas tem confirmado que os níveis de dose aplicados nestes produtos não produzem alterações nos carboidratos, por outro lado, a

temperatura produz um efeito maior em açúcares totais, açúcares redutores e amido (CROCI et al., 1995; THOMAS 1984).

A irradiação induz um aumento no conteúdo de açúcares totais e redutores. A decomposição do amido para açúcares é devido à irradiação induzir um aumento na atividade da fosforilase. (LU et al. 1987)

Com cebolas, não há diferença no conteúdo de açúcar total e redutor em bulbos irradiados nas doses de 30 a 120 Gy.

Aminoácidos e Proteínas

Quanto ao conteúdo de aminoácidos e proteínas, as alterações produzidas pela irradiação são semelhantes aos produzidos pela aplicação de calor.

Vitaminas

Em relação às vitaminas - estas experimentam certa redução. Em batatas as perdas de ácido ascórbico não excedem 15% nas doses que inibem o brotamento, mas após o prolongado armazenamento não há diferença significativa entre as batatas irradiadas e as não irradiadas (JOSHI et al., 1990, MATSUYAMA; UMEDA, 1983; SCHREIBER; HIGHLANDS, 1958).

Em cebolas, o conteúdo de ácido ascórbico parece não ser significativamente afetado pela irradiação (MOLCO; PADOVA, 1969; WHO, 1977).

O conteúdo de tiamina, riboflavina e niacina em tubérculos não mudaram com a irradiação (LEE; KIM, 1972; MELATLISK et al., 1968; TAKAI; IWAO, 1969; WHO, 1977). A redução de vitamina E pela irradiação é alta, mas não excede a redução devido ao tratamento térmico. (TOBBACK, 1977).

3.2.2 Uso da irradiação no aumento da vida útil de cebolas

O interesse pelo uso da irradiação na inibição de brotamento de cebolas e outros bulbos pertencentes ao gênero *Allium* foi estimulado pelo trabalho de Dallyn et al. (1959), onde conseguiram a completa inibição do brotamento em cebola após a irradiação com doses tão baixas quanto 37 a 74,5 Gy. A partir desse trabalho, muitas investigações tem sido realizadas sobre a aplicação de radiação ionizante para inibição de brotamento de diferentes variedades e tipos de cebolas cultivadas sob várias condições climáticas.

Kahan e Temkin-Gorpodeiski (1968) tratando cebolas cv. Beit Alpha (Israel), de três diferentes períodos de pós colheita (1, 20, 35 dias), com doses de 27 e 120 Gy, observaram pouco brotamento externo nas cebolas do lote testemunha e nenhum brotamento nas irradiadas, após 3 meses de armazenamento a 0°C e à temperatura ambiente.

Nair et al. (1973) concluíram que com 60 e 90 Gy inibiram o brotamento de cebola cv. Red Globe, quando realizada no primeiro estágio de dormência. Irradiações efetuados no período final da dormência dos bulbos (3 semanas após a colheita) não foram efetivas na inibição do brotamento da cebola, independente da época de irradiação. A perda de peso e podridão foram marcantes reduzidas nas amostras armazenadas em sacos de juta ou em prateleiras.

Hossain et al. (1982) utilizaram 60 Gy em cebolas com 6 a 7 semanas após a colheita. As cebolas foram armazenadas a 25-30°C e 80-90% U.R. Pouco brotamento foi verificado no controle e, nas irradiadas a inibição foi total. As análises de textura, densidade e deterioração microbiana não apresentaram diferenças significativas entre o lote de controle e irradiado. Já Langerak (1984), irradiando cebolas com 100 Gy observou diferenças entre bulbos irradiados e as testemunhas apenas para o brotamento e perda de peso.

Tem sido demonstrado que irradiação de bulbos de cebolas nas doses de 60 e 100 Gy causa aumento temporário na taxa respiratória dos mesmos, no entanto, a respiração pode baixar a níveis menores que o controle no período de uma semana (PARK et al., 1972).

Segundo Dahlhelm et al. (1984) os melhores resultados para inibição do brotamento de cebolas cv. Zittauer são conseguidos quando a irradiação é feita no início do período de dormência. Utilizando doses crescentes de 10 Gy até 150 Gy, concluíram que as melhores doses para inibir o brotamento foram no intervalo de 20 a 70 Gy.

Matim et al. (1985), num estudo piloto sobre irradiação de cebolas, verificaram a preferência do consumidor pelas cebolas irradiadas. As doses 50-80 Gy, quando usadas dentro de duas semanas após a colheita, proporcionaram bons resultados na inibição do brotamento nas cebolas armazenadas à temperatura ambiente.

Walder et al. (1983), irradiaram cebolas de um cultivador não identificado e concluíram que a dose de 75 Gy foi suficiente para conservação do produto por um período de 90 dias em condições ambiente. Wiendl e Bleinroth (1984) irradiado cebolas cv. Baia Piriforme, concluíram ser a dose de 70 Gy associada com armazenamento à baixa temperatura, ideal para a conservação da cebola por um período de 200 dias.

No trabalho realizado por Lu et al. (1987) com cebolas cv. Walla Walla, o brotamento foi observado nos bulbos controle e nos submetidos aos raios ultra-violeta e elétrons acelerados. A total inibição do brotamento foi observada nos bulbos irradiados com raios gama (0,1; 0,3; 1,0; 2,0; e 3,0 kGy). Os efeitos da radiação gama sobre o pH, umidade, ácido ascórbico e cor não foram significativos. Foi observado algum amolecimento nas cebolas irradiadas com 3,0 kGy. Quanto ao conteúdo de carboidratos, houve uma aumento nos açúcares solúveis totais (glicose + frutose + sacarose) proporcional à dose de radiação, alcançando um valor de 6,3% com a dose de 1kGy. Com as doses de 2,0 e 3,0 kGy houve um decréscimo no teor de açúcares totais quando comparados às doses menores, sendo, entretanto, ainda superior ao controle. Os autores sugerem que nas doses maiores os açúcares poderiam estar sendo degradados como resultado das altas doses de radiação.

Kawashima et al. (1990), irradiaram grande quantidade de cebolas cv. Kimati e cv. Ohotsuku no irradiador comercial em Shihoro – Japão, com uma dose variando de 38,1 a 65,2 Gy, armazenando-as a 0° e 5°C durante 6 meses. O objetivo foi verificar o efeito sobre o aspecto do folículo interno das cebolas.

Somente as cebolas que foram irradiadas e armazenadas na mais baixa temperatura apresentaram qualidade comercial satisfatória.

Walder et al. (1997), irradiaram cebolas, cv. Valenciana Sintética 14, entre 30-40 dias pós-colheita. As cebolas foram irradiadas na Argentina (Bueno Aires) com radiação gama de fonte de Cobalto 60 com uma dose média de 60 Gy. Após a irradiação as cebolas irradiadas e as testemunhas foram transportadas por rodovias de Buenos Aires, Argentina, para Piracicaba, SP, Brasil. Os lotes de cebolas foram armazenados durante 6 meses à temperatura ambiente (20°C a 28°C) e umidade relativa de 50% a 100%. O controle de qualidade foi feito todo mês, por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. O tratamento com radiação reduziu a perda de peso dos bulbos e conservou alta porcentagem de bulbos comerciáveis sem afetar propriedades sensoriais. Aos 180 dias de armazenamento, a perda de peso nas amostras não irradiadas foi de 32%, significativamente maior do que as amostras irradiadas (13%). A porcentagem de bulbos comerciáveis foi de 92,3% das amostras irradiadas, contra 52,3% das amostras não irradiadas.

Nouri et al. (2001) investigaram a preservação de cebolas e batatas através do uso da radiação. Bulbos foram irradiados com 0,10 kGy e armazenados juntamente com os controles não irradiados, a baixa temperatura e sob condições ambiente por um período de mais de 7 meses. Após 4 meses de armazenamento, o apodrecimento variou de 1 a 15% em cebolas irradiados e 5 a 64% em amostras não irradiados. Também um estudo comparativo de redutores e não redutores, vitamina-C, açúcares totais, amido e proteína foi realizado entre controle e amostras irradiadas. A perda de peso percentual variou entre 25 e 36% após 6 meses de armazenamento, em cebolas irradiadas e 18 a 29% para as amostras não tratadas.

Em um trabalho mais recente, Spoto et al. (2002) irradiaram cebolas cv. Superex, com doses de 60, 80, 100 Gy e armazenaram por 4 meses, à temperatura ambiente (25 a 30°C) e umidade relativa de 65 a 80%. Foram feitas análises físicas e físico-químicas em todos os meses. Concluíram que o teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável, não exerceram influencia significativa nos tratamentos com irradiação. Os valores L, C e H forneceram o parâmetro de inibição do brotamento, através do escurecimento do broto não germinado. A irradiação com 60Gy reduziu o brotamento e a perda de peso dos bulbos sem afetar a firmeza dos mesmos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação da dose de radiação ideal para inibição de brotamento foram estudados os efeitos da radiação gama em três cultivares híbridos de cebolas: Aguaris, Goiana e Optima, produzidas em Piedade - SP, fornecidas pela Casa de Agricultura de Piedade, cuja características estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das cultivares híbridas de cebola segundo informações da empresa fornecedora das sementes (AGRISTAR, 2014)

Cultivar	Ciclo	Época de semeio	Formato do bulbo	Cor da película	Conservação pós-colheita	Pungência
Aguarius F1	Super precoce	fev/mar	Globular arredondado	amarela	Boa	alta
Goiana F1	Precoce	mai/jun	Globular arredondado	Amarela escura	Boa	alta
Optima F1	Precoce	mar/abril	Globular arredondado	amarela	Boa	baixa

As amostras das variedades Goyana, Aguaris e Optima foram colhidas em maio de 2013, sendo as amostras de Optima uma semana depois das demais. Essas amostras permaneceram em depósito até o transporte a Piracicaba, SP.



Figura 2 - Imagem das variedades de cebolas. Fotos de outubro/2013

Em 17/06/2013 as amostras foram transportadas em sacas de 50 kg, em caçamba de caminhonete cobertas com encerado, até ao Laboratório de Irradiação de Alimentos do C5ENA/USP (Figura 3).



Figura 3 - Transporte das cebolas de Piedade a Piracicaba, SP

No laboratório, os bulbos foram separados, selecionados e individualizados em lotes menores com aproximadamente 10 kg cada, devidamente etiquetados.

O processo de irradiação foi realizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN) na cidade de São Paulo (SP, Brasil), no dia 27/06/2013. O irradiador gama no qual se desenvolveu a pesquisa é do tipo Multipropósito, munido de fonte de Cobalto 60, as doses de radiação utilizadas foram: 40 Gy, 60 Gy, 80 Gy e 100Gy. Os lotes testemunhas (0 Gy), também passaram pelo mesmo processo de transporte ao IPEN, permanecendo na ante-câmara durante o processo de irradiação das demais.

De volta ao Laboratório de Irradiação de Alimentos (CENA/USP) os tratamentos foram remanejados para bandejas e armazenados em sala escura com temperatura e umidade relativa do ar ambiente, registrados em termohigrógrafo (Hygro termometer Lab-Line), conforme mostra a Figura 3. O período de armazenamento foi de 150 dias e as análises físicas e químicas foram mensais. Foram feitos rodízios mensais na posição das bandejas de cebola, afim de que as suas posições estáticas na sala não fossem fator de interferência nos resultados.



Figura 4 – Vista parcial da disposição das bandejas na sala de armazenamento

As bandejas menores continham 4 cebolas cada, estando etiquetadas por variedade, dose de radiação e lote (repetição). Com essas cebolas foram feitas as análises de perda de massa fresca, brotamento externo e putrefação. Já as maiores estavam etiquetadas com o nome da variedade e a dose de radiação e dessas bandejas eram tiradas ao acaso 5 cebolas que serviram para as seguintes análises: análise sensorial (Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho), coloração interna e teor de sólidos solúveis.

As análises físicas foram realizadas de acordo com Walder et al. (1997) constaram dos seguintes testes:

4.1 Aparência Geral Externa e Firmeza

A aparência geral externa e firmeza das cebolas foram estimadas inspecionando – se cada amostra, através de notas dadas pelos provadores, numa escala de 1 a 5. A firmeza foi avaliada apalpando – se as cebolas para verificar o murchamento. Foram recrutados 30 provadores por período de avaliação para cada tratamento. As avaliações foram realizadas pelos provadores através ficha de avaliação (anexos A).

4.2 Perda de peso ou massa fresca

Foi determinada pesando as amostras no início do experimento e a cada intervalo de análise. A perda de peso foi expressa em porcentagem. Equipamento: Balança Eletrônica de Precisão, Gehaka BG 8000 (Brasil).

4.3 Brotamento externo e putrefação

Foram tomadas as mesmas amostras utilizadas para a análise de perda de peso. Os bulbos de cada parcela foram contados e avaliados da seguinte maneira.

- a. Bulbos considerados “bons” ou “comerciáveis”;
- b. Bulbos que apresentam brotamento externo;
- c. Bulbos que apresentam putrefação.

Os resultados foram apresentados em porcentagem.

4.4 Coloração Interna

A Coloração interna foi determinada cortando-se o bulbo longitudinalmente e colocando o aparelho próximo a base do bulbo, no sentido do crescimento do broto. Foram avaliados os parâmetros “L” , “a” e “b” da coloração. Equipamento: Choroma Meter CR – 400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão).

4.5 Brotamento Interno

Para avaliar o índice de brotamento foi utilizada a seguinte fórmula: índice de brotamento interno = (comprimento do broto/ comprimento da cebola) x 100. Foram utilizadas as mesmas amostras da análise da coloração interna.

4.6 Avaliação Sensorial Interna

Foi analisada por provadores não treinados levando em consideração os seguintes parâmetros: Aparência geral interna do bulbo, Odor e Brilho. As cebolas foram cortadas pela metade e deixadas viradas para baixo para que se mantivesse a turgescência e o aroma. Essas variáveis foram medidas utilizando-se a ficha de avaliação (Anexo B).

4.7 Teor de Sólidos Solúveis (Brix)

Foi medido por um refratômetro em graus Brix, utilizando-se cinco amostras por tratamento, com cinco repetições por amostra a cada 30 dias até completar 120 dias de armazenamento. Equipamento: Digital portátil Krüss Optronic – DR 201 – 95 (Hamburgo, Alemanha)

5 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.1 Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial 5 x 5, referentes a cinco níveis de radiação (0, 40 ,60, 80, 100 Gy) e cinco níveis de armazenamento (1, 30, 60, 90, 120 dias), sendo cada bloco representado por um provador, totalizando 30 blocos.

5.2 Brotamento externo e putrefação, Coloração Interna (valores de L, a, b), Brotamento Interno, Teor de sólidos solúveis

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 6, referentes a cinco níveis de radiação (0, 40 ,60, 80, 100 Gy) e seis níveis de armazenamento (1, 30, 60, 90, 120, 150 dias), com 5 repetições por tratamento.

5.3 Perda de Peso

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de radiação (0, 40 ,60, 80, 100 Gy) e quatro níveis de armazenamento (1, 30, 60, 90 dias), com 5 repetições por tratamento.

Todos os dados obtidos foram avaliados através do programa SAS (Statistical Analysis System) e submetidos a análise de variância pelo software ANOVA, e após constatada diferença significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise Sensorial

Na Tabela 2 consta o resumo da análise da variância da análise sensorial da cultivar Aquarius para as características aparência geral externa, aparência geral interna, firmeza, odor e brilho. Como se pode notar, apenas para a característica odor, a interação dose X época, não foi significativa. O mesmo ocorreu para a cultivar Goiana (Tabela 3) e para a cultivar Optima (Tabela 4).

Tabela 2 - Resumo da análise da variância da cultivar Aquarius para as características: Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho

F.V.	G.L.	Significância de F - Cultivar Aquarius				
		Ap. G. Ext	Firmeza	Ap G. Int	Odor	Brilho
Bloco	29	0,12ns	0,02 *	0,00 **	0,00 **	0,00**
Dose	4	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,96ns	0,03*
Época	4	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00**
Dose x Época	16	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,13 ns	0,00**

*: significativo a 5%; **:significativo a 1%; ns: não significativo

Ap G. Ext: Aparência Geral Externa; Ap G. Int: Aparência Geral Interna

Tabela 3 - Resumo da análise da variância da cultivar Goiana para as características: Aparência Geral Externa, Firmeza, Aparência Geral Interna, Odor e Brilho

F.V.	G.L.	Significância de F - Cultivar Goyana				
		Ap. G. Ext	Firmeza	Ap G. Int	Odor	Brilho
Bloco	29	0,02*	0,00**	0,00 **	0,00 **	0,00**
Dose	4	0,16ns	0,09 ns	0,00 **	0,10ns	0,03*
Época	4	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,01 *	0,00**
Dose x Época	16	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,12 ns	0,00**

*: significativo a 5%; **:significativo a 1%; ns: não significativo

Ap G. Ext: Aparência Geral Externa; Ap G. Int: Aparência Geral Interna

Tabela 4 - Resumo da análise da variância da cultivar Optima para as características: Aparência Geral Externa, Firmeza, aparência Geral Interna, Odor e Brilho

F.V.	G.L.	Significância de F - Cultivar Optima				
		Ap. G. Ext	Firmeza	Ap G. Int	Odor	Brilho
Bloco	29	0,00**	0,00**	0,00 **	0,00**	0,00 **
Dose	4	0,00**	0,00**	0,00 **	0,02*	0,01*
Época	4	0,00**	0,00 **	0,00 **	0,00**	0,00 **
Dose x Época	16	0,00**	0,00 **	0,00 **	0,13 ns	0,00**

*: significativo a 5%; **:significativo a 1%; ns: não significativo

Ap G. Ext: Aparência Geral Externa; Ap G. Int: Aparência Geral Interna

6.1.1 Aparência Geral Externa

Pode-se notar que os provadores deram as piores notas, para aparência geral externa, após 120 dias de armazenamento, no controle (0 Gy) da variedade Ótima. Já para variedade Goiana isto ocorreu para as doses de 40 e 80 Gy. Enquanto para variedade Aguaris foi para as doses de 0 e 40 Gy (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise sensorial para o atributo Aparência Geral Externa (5: excelente; 4:boa, 3: regular, 2: ruim; 1: péssima)

Cultivar	Dose (Gy)	Tempo armazenamento (dias)				
		1	30	60	90	120
A	0	3,80 Ba	4,03 Aa	3,66 Bab	3,10 Cb	2,30 Cc
	40	4,56 Aa	3,93 Aab	3,80 Bb	3,36 BCb	1,76 Cc
	60	4,20 ABa	4,43 Aa	4,00 Aba	4,40 Aa	4,10 Aa
	80	3,70 Ba	4,20 Aa	3,66 Ba	4,00 Aba	3,00 Bb
	100	3,86 Bab	4,30 Aa	4,46 Aa	4,06 Aab	3,46 ABb
G	0	3,86 ABab	3,30 Cb	3,53 Cab	3,26 Bb	4,06 Aa
	40	3,66 Bb	4,06 ABab	4,46 Aa	4,06 Aab	2,66 Cc
	60	3,96 ABab	4,53 Aa	3,60 BCbc	3,36 Bbc	3,20 BCc
	80	3,60 Bb	4,30 Aa	4,13 ABCab	4,26 Aab	2,76 Cc
	100	4,43 Aa	3,53 BCc	4,23 ABab	3,63 ABbc	3,53 Abc
O	0	4,00 Aa	4,23 Aa	4,20 Aa	4,23 Aa	1,90 Bb
	40	3,30 Ba	3,50 BCa	3,30 Ba	2,20 Cb	3,63 Aa
	60	3,26 Bb	3,26 Cb	4,13 Aa	3,70 Aa	4,16 Aa
	80	3,76 Aba	4,10 Aba	4,13 Aba	4,00 Aa	3,63 Aa
	100	4,36 Aa	4,00 ABab	3,60 ABbc	3,33 Bc	3,93 Aabc

A: cultivar Aguaris; G: cultivar Goiana, O: cultivar Ótima. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e dentro da mesma cultivar e, minúscula na linha, também dentro da mesma cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para a cultivar Aguaris foi observado que após 60 dias de armazenamento houve uma diminuição na média da aparência geral externa que se estende até o 120º dia de armazenamento, para as doses de 0, 40, 80 e 100Gy. Vemos que os provadores julgaram que após 120 dias de armazenamento as cebolas, dessa variedade, para as doses de 0 e 40 Gy estavam com a aparência geral externa ruim ou péssima. Enquanto que para as demais doses estava apenas regular.

Os provadores atribuíram uma nota maior para a dose de 100Gy, em relação as demais doses, no 1º dia de armazenamento, para a variedade Goiana. Entretanto, essa tendência não permaneceu nos demais tempos de armazenamento. Nota-se que nesta cultivar ao longo do tempo as médias variaram aleatoriamente, chegando ao final de 120 dias com as médias mais baixas para as doses de 40 e 80 Gy (cebolas consideradas ruins para o consumo).

Já a variedade Óptima não apresentou diferença estatística para as doses de 40, 60, 80 e 100 Gy, após 120 dias de armazenamento. Estas médias indicam que as cebolas foram consideradas com a aparência geral externa boa. Já para o controle a média foi bem mais baixa, indicando uma aparência entre ruim e péssima.

Walder et al. (1997) avaliando doses de radiação em cebolas, encontraram que cebolas irradiadas com doses de 60 Gy obtiveram melhores resultados na aparência geral externa do que o controle ao longo de 180 dias de armazenamento, isto foi confirmado no presente estudo para as variedades Aquarius e Optima.

6.1.2 Firmeza

Observou-se, que após 120 dias, a variedade Aquarius recebeu as piores notas para as doses 0 Gy (controle) e 40 Gy. Enquanto a Goiana recebeu as piores notas para a dose de 100 Gy e a Óptima obteve a pior média para o controle (0 Gy). (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise sensorial para o atributo Firmeza (5: excelente (muito firme); 4:boa firme), 3: regular (mas comerciável), 2: ruim (murcha, mole, apodrecida), 1: péssima (descartável))

Cultivar	Dose (Gy)	Tempo armazenamento (dias)				
		1	30	60	90	120
A	0	4,20 Aa	4,36 Aba	4,33 Aa	3,00 Bb	2,23 Cc
	40	4,50 Aa	3,83 Bb	3,86 Ab	3,70 Ab	2,16 Cc
	60	4,30 Aa	4,56 Aa	4,16 Aa	4,06 Aa	4,10 Aa
	80	3,90 Aab	4,20 Aba	4,03 Aab	3,70 Aab	3,43 Bb
	100	4,10 Aab	4,53 Aa	4,13 Aab	3,86 Ab	3,80 ABb
G	0	4,66 ABa	3,66 Bb	4,10 Aab	4,20 ABab	4,63 Aa
	40	4,33 ABa	4,06 Aba	4,50 Aa	3,93 Aba	4,33 Aba
	60	4,50 ABa	4,46 Aa	4,26 Aab	3,73 Bb	4,16 ABab
	80	4,13 Bab	4,60 Aa	4,56 Aa	4,43 Aab	3,93 Bb
	100	4,80 Aa	4,16 ABb	4,26 Aab	4,10 ABb	3,03 Cc
O	0	4,50 Aa	4,46 Aa	4,23 Aa	4,33 Aa	2,80 Bb
	40	4,03 Aba	4,16 Aba	4,03 Aa	2,76 Bb	4,03 Aa
	60	3,86 Ba	3,63 Ba	4,10 Aa	4,16 Aa	3,93 Aa
	80	4,00 Aba	4,26 Aa	4,10 Aa	4,30 Aa	3,97 Aa
	100	4,43 Aba	4,53 Aa	4,20 Aa	4,36 Aa	4,33 Aa

A: cultivar Aquarius; G: cultivar Goiana, O:cultivar Ótima.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Dentro da cultivar Aquarius as médias para firmeza foram diminuindo ao longo do tempo de armazenamento para todas as doses, exceto para a dose 60 Gy, que mostrou-se constante, indicando que a firmeza permaneceu boa, para essa dose.

Para a variedade Goiana as médias foram oscilando como no atributo aparência geral externa durante o tempo de armazenamento, obtendo a menor nota aos 120 dias para a dose de 100 Gy, indicando uma firmeza regular.

Para a cultivar Ótima observou –se que apesar de algumas oscilações na média durante o armazenamento, ao final de 120 dias as médias para as doses de 40, 60, 80 e 100 Gy não apresentaram diferença, mostrando que para os provadores as cebolas estavam com a firmeza boa. Já para o controle (0 Gy), a média da firmeza foi bem mais baixa indicando que as cebolas já estavam murchas.

Estudos com cebola irradiada mostraram que a firmeza não foi alterada quando a dose foi 60 Gy, e ao longo do tempo de armazenamento. (WALDER et al., 1997; SPOTO et al., 2002).

Para Coelho (1994) a firmeza é uma característica física que afeta a aceitabilidade do produto pelo consumidor e, em hortaliças, diminui com a maturidade. O mesmo foi notado no presente trabalho nas cultivares Aguaris e Optima. Comparando as Tabelas 5 e 6, percebe-se que quando as cebolas receberam, dos provadores, notas baixas para a aparência geral externa, após 120 dias de armazenamento, o mesmo ocorreu com a firmeza (Aguaris – 0 e 40 Gy, e Optima 0 Gy), mostrando assim que a firmeza influenciou na aceitabilidade da cebola.

6.1.3 Aparência Geral Interna

A Tabela 7 mostra que, ao final do tempo de armazenamento, o atributo aparência geral interna obteve a menor nota para a variedade Aguaris, na dose de 40 Gy, indicando que a aparência geral dessas cebolas estava inaceitável para o consumo. Enquanto que para as outras cultivares as médias indicaram que as cebolas, após 120 dias de armazenamento, permaneceram com a aparência geral interna aceitável ao consumo.

Tabela 7 - Análise sensorial para o atributo Aparência Geral Interna (7: Extremamente aceitável até 1: Extremamente inaceitável)

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)				
		1	30	60	90	120
A	0	3,30 Ac	5,56 Aab	5,00 ABCb	6,06 Aa	5,6 ABab
	40	3,76 Ab	5,96 Aa	5,46 Aba	5,16 Aa	2,06 Cc
	60	3,53 Ab	5,43 Aa	3,96 Cb	6,0 Aa	6,03 Aa
	80	3,50 Ab	5,26 Aa	4,60 BCa	5,50 Aa	4,66 Ba
	100	3,10 Ab	5,53 Aa	5,86Aa	5,26 Aa	5,46 Aba
G	0	4,90 Ab	2,76 Cc	5,80 Aab	5,93 Aa	6,30 Aa
	40	5,16 Aab	3,96 Bc	4,70 Babc	4,40 Bbc	5,43 Aba
	60	5,16 Aab	6,13 Aa	4,96 ABb	2,13 Cc	5,23 Bab
	80	4,90 Ab	5,60 Aab	4,96 ABb	6,30 Aa	5,53 ABab
	100	5,23 Aa	5,63 Aa	5,46 Aba	3,63 Bb	5,30 Aba
O	0	5,56 Aa	5,86 Aa	5,26 Aa	6,06 Aa	5,63 Aa
	40	5,20 Aa	5,30 Aa	5,30 Aa	1,50 Bb	5,43 Aa
	60	5,43 Aab	5,43 Aab	5,66 Aa	5,20 Aab	4,70 Ab
	80	5,36 Aa	5,76 Aa	5,20 Aa	5,93 Aa	5,26 Aa
	100	5,40 Aa	5,13 Aa	5,16 Aa	5,53 Aa	5,20 Aa

A: cultivar Aguaris; G: cultivar Goiana, O:cultivar Ótima.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para a variedade Aguaris, os provadores julgaram que, ao longo do tempo de armazenamento, para a aparência geral interna, nas doses de 0, 60, 80, 100 Gy, as cebolas permaneceram aceitáveis para o consumo. Já para a dose de 40 Gy, aos 120 dias de armazenamento as cebolas foram consideradas inaceitáveis para o consumo.

Ao final do tempo de armazenamento, para todas as doses, na cultivar Goiana, bem como na cultivar Optima, as cebolas foram consideradas aceitáveis para o consumo.

6.1.4 Brilho

Observa-se na Tabela 8 que dentre as cultivares apenas a cultivar Aguarius, ao final do armazenamento, na dose de 40 Gy, apresentou uma média menor, indicando que os provadores julgaram essa cebola com pouquíssimo brilho.

Tabela 8 - Análise sensorial para o atributo Brilho (7: intenso até 1: nenhum)

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)				
		1	30	60	90	120
A	0	4,30 Aa	3,56 Aa	4,23 Aa	4,63 Aa	4,36 Aa
	40	4,56 Aa	4,00 Aa	4,50 Aa	4,10 Aa	2,33 Bb
	60	4,00 Aa	3,73 Aa	4,00 Aa	4,50 Aa	4,83 Aa
	80	3,76 Aa	3,66 Aa	3,86 Aa	3,96 Aa	4,16 Aa
	100	3,70 Aa	4,00 Aa	4,63 Aa	4,36 Aa	4,43 Aa
G	0	3,93 Aa	2,63 Bb	4,40 Aa	4,46 Aa	4,60 Aa
	40	3,93 Aab	3,20 ABb	3,66 Aab	3,73 ABab	4,36 Aa
	60	4,70 Aa	3,80 Aab	3,86 Aa	2,73 Bb	4,26 Aa
	80	4,66 Aa	3,93 Aa	4,26 Aa	4,36 Aa	4,00 Aa
	100	4,76 Aa	3,96 Aab	4,36 Aab	4,46 ABb	4,46 Aab
O	0	3,80 Aab	3,76 Aab	3,26 Ab	4,60 Aa	4,03 Aab
	40	3,80 Aa	3,63 Aa	3,56 Aa	2,43 Bb	3,96 Aa
	60	3,90 Aa	3,96 Aa	3,50 Aa	4,20 Aa	3,93 Aa
	80	4,23 Aab	3,80 Aab	3,50 Ab	4,63 Aa	4,23 Aab
	100	3,73 Aab	3,96 Aab	3,26 Ab	4,06 Aab	4,56 Aa

A: cultivar Aguarius; G: cultivar Goiana, O: cultivar Óptima. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Estatisticamente, não houve diferença significativa para o atributo brilho, após 120 dias de armazenamento, para todas as variedades, com exceção do cultivar Aguarius, aos 120 dias de armazenamento com tratamento de 40 Gy.

Walder et al. (1997) estudando o comportamento de cebola cv, Valenciana Sintética 14, irradiada com 60 Gy, encontraram que a cebola irradiada variou muito pouco o brilho durante 180 dias de armazenamento, enquanto o controle perdeu significadamente o brilho após 60 dias de armazenamento.

6.1.5 Odor (pungência)

A interação dupla não foi significativa para a característica odor, porém houve diferença significativa no parâmetro época para as três cultivares e no parâmetro dose para as cultivares Optima.

Tabela 9 - Média para o atributo Odor (7: intenso até 1: nenhum) durante tempo de armazenamento

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
A	3,56 b	4,42 a	4,36 a	4,25 a	4,70 a
G	4,69 a	4,38 ab	4,29 ab	4,12 b	4,44 ab
O	4,12 b	4,65 a	4,44 ab	4,14 b	4,38 ab

A: cultivar Aguaris; G: cultivar Goiana, O: cultivar Ótima. Médias seguidas por letra minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Apesar de algumas pequenas oscilações nas médias do odor, durante o tempo de armazenamento, pode-se notar que os dados ficam em torno de 4,0, logo o tempo de armazenamento não teve muita influencia no odor, para as três cultivares.

Tabela 10 - Média para o atributo Odor (7: intenso até 1: nenhum) em função da dose de radiação

	dose (Gy)				
	0	40	60	80	100
OPTIMA	4,65 b	4,13 B	4,38 ab	4,34 ab	4,22ab

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Nota-se que a dose teve pouca influência na característica odor para a cultivar Optima (Tabela 10) e para as demais cultivares não houve diferença significativa (Tabelas 2 e 3).

Walder et al. (1997) encontrou que a irradiação com dose de 60 Gy não alterou o odor das cebolas cv.Valenciana Sintética 14 em relação ao controle.

6.2 Análises Físico-químicas

A Tabela 11 mostra o resumo da análise da variância da cultivar Aguaris para as características teor de sólidos solúveis, parâmetros L,a,b (coloração interna), putrefação e comprimento do broto interno. Como pode-se observar (Tabela 11) a interação dupla dose X época não foi significativa para os parâmetros b, putrefação e comprimento do broto interno.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância do cultivar Aguaris, para as características: Teor de Sólidos Solúveis (SS), cor (L, a, b), Putrefação, e Comprimento do Broto Interno

F.V.	G.L.	SS	Significância de F – Aguaris				
			L	a	B	Putrefação	Comp_B
Dose	4	0,32 ns	0,06 ns	0,86 ns	0,10 ns	0,01 *	0,01*
Época	5	0,00**	0,00**	0,00**	0,13 ns	0,00**	0,01*
Dose x Época	20	0,00**	0,03*	0,02*	0,24 ns	0,55 ns	0,75 ns

*: significativo a 5% **: significativo a 1%, ns : não significativo

SS: Teor de Sólido Solúveis, L,a,b : parâmetros da cor, N_podres :% de cebolas podres, comp_B: comprimento do broto interno.

Já para a cultivar Goiana a interação dupla dose X época não foi significativa para as características: parâmetro a (coloração interna), putrefação e comprimento do broto (Tabela 12). E para a cultivar Optima a interação dupla não foi significativa para as características: parâmetros L,a,b (coloração interna) e putrefação (Tabela 13).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância do cultivar Goyana, para as características: Teor de Sólidos Solúveis (SS), Putrefação, e Comprimento do Broto Interno

F.V.	G.L.	SS	Significância de F – Goiana				
			L	a	B	Putrefação	Comp_B
Dose	4	0,37 ns	0,08 ns	0,09 ns	0,00 **	0,01 *	0,01*
Época	5	0,00**	0,01*	0,00**	0,00 **	0,00**	0,00**
Dose x Época	20	0,00**	0,04*	0,33 ns	0,05 ns	0,55 ns	0,63 ns

*: significativo a 5% **: significativo a 1%, ns : não significativo

SS: Teor de Sólido Solúveis, L,a,b : parâmetros da cor, putrefação :% cebolas podres, comp_B: comprimento do broto interno.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância do cultivar Optima, para as características: Teor de Sólido Solúveis (SS), Cor (L,a,b), Putrefação, e Comprimento do Broto interno

F.V.	G.L.	Significância de F – Optima					
		SS	L	A	B	Putrefação	Comp_B
Dose	4	0,00 **	0,00 **	0,11 ns	0,09 ns	0,09 ns	0,00 **
Época	5	0,00**	0,00 **	0,00**	0,00 **	0,00**	0,00**
Dose x Época	20	0,00**	0,18 ns	0,08 ns	0,30 ns	0,92 ns	0,00 **

*: significativo a 5% ** : significativo a 1%, ns : não significativo

SS: Teor de Sólido Solúveis, L,a,b : parâmetros da cor, Putrefação : % de cebolas podres, comp_B: comprimento do broto interno.

6.2.1 Teor de Sólidos Solúveis

A Tabela 14 apresenta a média do teor de sólidos solúveis durante 150 dias de armazenamento das cebolas.

Tabela 14 - Média do teor de sólidos solúveis

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)					
		1	30	60	90	120	150
A	0	7,52 Aab	7,88 Aa	6,52 Cab	6,26 Ab	4,26 Bc	7,44 Aab
	40	8,38 Aa	8,12 Aa	8,06 Aba	5,46 Ab	3,86 Bc	6,34 Ab
	60	7,50 Aabc	7,82 Aab	8,62 Aa	5,38 Ad	6,02 Acd	6,92 Abcd
	80	8,02 Aa	8,06 Aa	6,88 BCab	5,08 Ac	5,88 Abc	6,50 Aabc
	100	7,98 Aa	7,64 Aab	6,26 Cbc	6,34 Abc	5,98 Ac	7,44 Aabc
G	0	9,68 Aab	8,80 Aab	10,08 Aa	6,12 Bc	7,58 Cbc	7,76 Abc
	40	9,04 Aa	9,44 Aa	8,42 Aa	7,90 Aba	9,96 ABa	8,26 Aa
	60	9,72 Aab	8,28 Abc	8,34 Abc	7,08 Abc	11,08 Aa	8,42 Abc
	80	9,46 Aab	9,92 Aa	8,90 Aab	7,80 ABb	8,24 BCbc	8,48 Aab
	100	9,38Aa	8,38 Aa	8,80 Aa	8,44 Aa	7,96 BCa	8,58 Aa
O	0	7,38 Aa	7,50 Aa	7,24 Aa	4,88 Bb	5,66 Bb	5,30 Ab
	40	7,34 Aa	6,84 Aabc	6,92 Aab	6,70 Aabc	5,68 Bbc	5,30 Ac
	60	7,48 Aab	7,44 Aab	6,76 ABCabc	5,56 Abc	8,22 Aa	6,32 Abc
	80	8,36 Aa	7,70 Aab	6,34 Abc	5,88 Abc	5,74 Bc	6,12 Ac
	100	8,44 Aa	7,06 Aab	5,96 Abc	4,72 Bcd	3,64 Cd	6,28 Ab

A: cultivar Aquarius; G: cultivar Goiana, O: cultivar Óptima. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na colunar e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Houve uma redução no teor de sólidos solúveis ao longo do tempo. De acordo com Beerli et al. (2004) a redução dos teores de sólidos solúveis totais durante o armazenamento ocorre, devido, provavelmente, ao consumo de substrato no metabolismo respiratório, sendo característica de reações catabólicas de senescência.

Granjeiro et al. (2008) concluiu que o alto teor de sólidos solúveis totais está ligado à alta pungência e à boa qualidade de armazenamento.

Após 150 dias de armazenamento, não há diferença significativa para nenhuma dose (Tabela 11), logo, a irradiação não influencia no teor de sólidos solúveis, o que está de acordo com Spoto et al. (2002).

Estudos mostram que a irradiação não afeta adversamente o teor de sólidos solúveis em cebolas (WALDER et al., 1997; CURZIO; CROCI, 1988).

6.2.2 Coloração Interna

6.2.2.1 Parâmetro L

A interação dose x época só foi significativa para as cultivares Aguaricus e Goiana.

Tabela 15 - Média parâmetro L* da coloração interna

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)					
		1	30	60	90	120	150
A	0	77,16 Aab	78,66 Aa	73,98 Aabc	71,35 Bc	76,26 Aab	73,6 Abc
	40	73,86 Aa	75,87 Aa	78,26 Aa	74,04 Aba	74,24 Aa	73,6 Aa
	60	77,36 Aa	77,39 Aa	77,38 Aa	74,83 Aba	77,26 Aa	75,9 Aa
	80	75,73 Aa	74,72 Aa	77,03 Aa	75,98 Aa	74,49 Aa	75,17 Aa
	100	75,92 Aa	77,97 Aa	74,87 Aa	76,23 Aa	76,03 Aa	75,54 Aa
G	0	80,91 Aa	76,78 Aab	79,30 Aab	70,62 Bc	76,06 Aabc	74,10 Abc
	40	75,28 Ba	77,17 Aa	77,17 Aa	75,11 Aba	76,86 Aa	76,21 Aa
	60	77,28 ABa	77,83 Aa	77,83 Aa	76,21 Aa	78,83 Aa	76,6 Aa
	80	77,65 ABa	76,15 Aa	76,15 Aa	74,97 Aba	76,51 Aa	77,86 Aa
	100	78,34 ABa	78,89 Aa	78,89 Aa	79,14 Aa	76,42 Aa	78,39 Aa

A: cultivar Aguaricus; G: cultivar Goiana. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e dentro da mesma cultivar e, minúscula na linha, também dentro da mesma cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O parâmetro L avalia a luminosidade, numa escala de 0 a 100, quando maior o valor mais clara é a amostra e, portanto, quanto menor o valor mais escura é a amostra (KONICA MINOLTA, 1998).

Nota-se que a Luminosidade reduziu significativamente para o controle, essa redução não foi percebida para as cebolas irradiadas. Diferindo do encontrado por Walder et al. (1997) e Spoto et al. (2002) que observaram que amostras irradiadas possuíam valores de luminosidade menores que as não irradiadas.

Tabela 16 - Média par atributo L * em função da dose de radiação

Cultivar	dose (Gy)				
	0	40	60	80	100
OPTIMA	72,23b	73,13 ab	74,41 a	74,92 a	73,20 ab

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17 - Média par atributo L* durante época de armazenamento

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)					
	1	30	60	90	120	150
OPTIMA	75,62 a	74,92 a	73,96 ab	71,26 c	73,56 abc	72,17 bc

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade,

Nota-se que para a cultivar Óptima a Luminosidade variou pouco em relação a dose e o tempo de armazenamento.

6.2.2.2 Parâmetro a*

A interação dose x época somente foi significativa para a cultivar Aguaris.

Tabela 18 - Média parâmetro a* da cor

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)					
		1	30	60	90	120	150
A	0	-4,31 Aa	-9,10 Ac	-7,48 Abc	-6,89 Abc	-7,28 Abc	-5,97 Aab
	40	-6,99 Bab	-8,73 Ab	-6,68 Aab	-7,00 Aab	-7,22 Aab	-5,85 Aa
	60	-7,39 Ba	-7,38 Aa	-6,52 Aa	-6,53 Aa	-6,45 Aa	-6,14 Aa
	80	-7,78 Ba	-7,09 Aa	-6,99 Aa	-7,17 Aa	-6,23 Aa	-6,63 Aa
	100	-7,78 Ba	-7,47 Aa	-6,41 Aa	-6,80 Aa	-6,13 Aa	-6,14 Aa

A: cultivar Aguaris. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

O parâmetro a^* da cor varia entre do vermelho (+a) até o verde (-a). Para a cultivar *Aguarius* o parâmetro a^* variou aleatoriamente durante o tempo de armazenamento (Tabela 18), o mesmo ocorreu com as outras cultivares (Tabelas 19 e 20). Após 150 dias de armazenamento, não houve diferença estatística, desse parâmetro entre as doses.

Tabela 19 - Média parâmetro a^* da cor

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)					
	1	30	60	90	120	150
Goiana	-6,90 ab	-6,38 ab	-7,33 b	-7,09 b	-7,01 b	-6,26 b

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20 - Média parâmetro a^* da cor

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)					
	1	30	60	90	120	150
Optima	-6,41 ab	-6,06 ab	-6,79 b	-6,15 ab	-6,27 ab	-5,58 ^a

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

6.2.2.2 Parâmetro b^*

Para a cultivar *Aguarius* a interação dose x época não foi significativa para o parâmetro b^* , bem como a dose e a época (Tabela 11).

O parâmetro b^* varia do amarelo (+b) ao azul (-b).

Tabela 21 - Média parâmetro b^* da cor

Cultivar	Dose	Tempo armazenamento (dias)					
		1	30	60	90	120	150
G	0	13,75 Aa	13,25 Aa	14,75 Aa	11,67 Ca	12,87 Ba	13,29 Aa
	40	11,75 Ab	13,37 Aab	16,00 Aa	13,85 BCab	14,66 ABab	13,08 Aab
	60	12,61 Ac	12,25 Ac	17,10 Aa	15,21 ABCabc	16,45 Aab	13,61 Abc
	80	13,48 Aab	12,37 Ab	15,63 Aa	14,45 ABCab	14,16 ABab	13,589 Aab
	100	14,69 Aa	14,48 Aa	16,75 Aa	17,10 Aa	14,74 ABb	13,95 Aa

G: cultivar *Goiana*. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e, minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Para a cultivar Goiana o parâmetro “b” variou aleatoriamente durante o tempo de armazenamento (Tabela 21), o mesmo ocorreu com a cultivar Óptima (Tabela 22). Após 150 dias de armazenamento, não houve diferença estatística, desse parâmetro entre as doses.

Tabela 22 - Média parâmetro b* da cor

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)					
	1	30	60	90	120	150
Optima	12,70 a	11,79 ab	12,71 a	12,00 ab	11,92 ab	10,93 b

Médias seguidas minúscula na linha, , não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

6.2.3 Brotamento externo e Putrefação

Durante o período de armazenamento nenhuma das amostras chegou a apresentar brotamento externo.

A interação dose x época não foi significativa para nenhum dos cultivares.

Tabela 23 - % numero de cebolas podres

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)					
	1	30	60	90	120	150
Aguarius	0,00 b	2,00 b	4,00 b	10,00 b	14,00 b	46,00 a
Goiana	0,00 b	2,00 b	2,00 b	3,00 b	5,00 ab	13,00 a
Optima	0,00 b	2,00 b	6,60 b	7,00 b	12,00 ab	32,00 a

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que com o passar do tempo há uma aumento de cebolas apodrecidas, sendo que a variedade Aguarius apresentou a maior número de cebolas podres (Tabela 23).

Tabela 24 - % numero de podres

Cultivar	dose (Gy)				
	1	40	60	80	100
Aguarius	12,50 ab	14,16 ab	16,66 a	2,5 b	17,50 a

Médias seguidas minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 24 mostra que, para a cultivar Aguarius, o número de cebolas podres foi maior para a dose de 100 Gy.

6.2.4 Brotamento Interno

As cebolas irradiadas apresentaram um broto escurecido muito pequeno em relação ao tamanho da cebola. Contudo, pelas características dos brotos, coloração escura (Figura 4), foi possível concluir que se tratavam de brotos que já existiam antes da irradiação. Logo, a irradiação foi eficiente ao inibir o brotamento. Sendo assim, não foram realizadas as estatísticas dessa característica, uma vez que se tratavam de brotos pré existentes a irradiação. Apenas poucas testemunhas apresentaram pequeno brotamento.



Figura 4 - Imagem do broto escurecido

Estudos mostram que a irradiação inibiu brotamento de cebolas (MATIN et al., 1985; LU et al., 1987; WALDER et al., 1997; SPOTO et al., 2002).

6.2.5 Perda de massa fresca

Na Tabela 25 consta o resumo da análise da variância para a perda de massa fresca. Como se pode notar a interação dose x época, não foi significativa, para as três cultivares. Apenas o parâmetro época foi significativo para as três variedades. Houve diferença significativa também para o parâmetro dose na cultivar Optima.

Tabela 25 - % perda de massa fresca

F.V.	G.L.	Significância de F		
		Aguarius	Goiana	Optima
Dose	4	0,15 ns	0,07 ns	0,01 *
Época	3	0,00 **	0,00 **	0,00**
Dose x Época	12	0,33 ns	0,64 ns	0,15 ns

*: significativo a 5%; **: significativo a 1%; ns: não significativo

Tabela 26 - Peso da cebola em porcentagem

Cultivar	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
A	100 a	97,82 ab	95,24 b	89,36 c
G	100 a	97,99 b	95,26 c	95,67 b
O	100 a	97,59 a	95,67 c	91,95 c

A: cultivar Aguaris; G: cultivar Goiana, O: cultivar Óptima. Médias seguidas minúscula na linha,, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. As médias representam

Na Tabela 26 as médias representam a porcentagem de massa das cebolas durante o armazenamento, a diferença entre a porcentagem em cada dia de avaliação e o início (100%) é o que representa a porcentagem de perda de massa.

Percebe-se que a cultivar Aguaricus foi a que teve maior perda de massa, 10,64%, após um período de 90 dias. Enquanto a Goiana perdeu 4,33% e a Optima 8,05%.

Tabela 27 - % Perda de massa fresca

Cultivar	dose (Gy)				
	0	40	60	80	100
Optima	95,94 b	97,13 a	96,61 ab	95,82 b	96,01 ab

Médias seguidas minúscula na linha, dentro da mesma cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que dentre as doses a diferença na perda de massa foi pequena.

Para Kader (2002) a redução da massa fresca resulta tanto em alterações quantitativas como também em alterações qualitativas.

Estudos com cebolas irradiadas mostram que a irradiação reduz a perda de massa fresca (WALDER et al., 1997; NOURI et al., 2001; SPOTO et al., 2002).

7 CONCLUSÃO

As cultivares Aguaris, Goiana e Optima são cultivares híbridas, que quando submetidas a doses de radiação apresentaram algumas diferenças qualitativas e quantitativas ao final do tempo de armazenamento.

A análise sensorial permitiu avaliar a conservação da cebola do ponto de vista do consumidor, ao longo de 120 dias de armazenamento.

A irradiação mostrou-se eficiente para a inibição do brotamento.

Sendo assim, para a cultivar Aguaris, a dose de 60 Gy se fez mais eficiente para a conservação das cebolas por um período de no mínimo 120 dias. Já a Optima as doses de 40,60,80,100 Gy se mostraram eficientes para a conservação da cebola por um período prolongado de armazenamento E para a Goiana, na maior parte do tempo praticamente não houve diferença na conservação das cebolas irradiadas ou não.

REFERÊNCIAS

AGRISTAR BRASIL. **Topseed tecnologia em semente**. Rio de Janeiro, s.d. Disponível em: <<http://agristar.com.br/topseed-premium/cebola-hibrida/goiana-f1/334>>. Acesso em: 20 maio 2014.

BEERLI, K. M. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; PICCOLI, R.H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processadas. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 28, p. 107-112, 2004.

CHACHIN, K.; OGATA, K.; HONJO, H. Relationship between some reducing compound levels in the inner buds of onions and the sprout inhibition by gamma irradiation. *Journal of Food Science and Technology*, Tokyo, v. 23 p. 351-355, 1976.

COELHO, A. H. R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17/18, p. 31-39, 1994.

CROCI, C. A.; BANEK, S. A.; CURZIO, O. A. Effect of gamma-irradiation and extended storage on chemical quality in onion (*Allium cepa* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 54, p. 151-154, 1995

CURZIO, O.; CROCI, C. A. Radioinhibition process in Argentinian garlic and the onion bulbs. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 3, p. 203-206, 1988.

DAHLEHELM, H.; MATEJKO, C.; HUBNER, G. Experiments on sprouting inhibition in onions. **Isotopenpraxis Isotopes in Environmental and Health Studies**, Leipzig, v. 69, p. 395-407, 1983.

DALLYN, S. L.; SAWYER, R. L. Effects of gamma and fast electron irradiation on storage qualities of onions. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 73, p. 390-397, 1959.

GRANGEIRO, L. C. et al. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, p. 1087-1091, 2008.

GUSTAVSSON, J. et al. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 18 p.

HOSSAIN, M. M. et al. **Pilot-scale studies on the irradiation of Bangladesh onions**. Rome: FAO/IAEA, 1982.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____. **Postharvest technology on horticultural crops**. 3. ed. Davis: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 435-461. (Publications, 3311).

KAHAN, R. S.; TEMKIN-GORODEISKI, N. Storage test and sprouting control on up-to-date variety potatoes and on an experimental onion variety (Beith Alpha). In: PRESERVATION OF FRUIT AND VEGETABLES BY IRRADIATION, 1966, Vienna. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1968. p. 29-37.

KAWASHIMA, K.; HAYASHI, T.; UMEDA, K. **Storage properties of Japanese onions irradiated on a large scale.** Vienna: FAO/IAEA, 1990. p. 13-18. (TECDOC, 545).

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor:** controle de qualidade da percepção à instrumentação. Tokyo: Konica Minolta, 1998.

KORABLEVA, N. P.; METLITSKY, I. The effect of gamma irradiation on onion growth and nucleic acid content. **Doklady Akademii Nauk SSSR**, Moscow, v. 150, p. 598-600, 1963.

JOLY, A. B. **Botânica:** introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Editora Nacional, 1993.

JOSHI, M. R.; SRIRANGARANJAN, A. N.; THOMAS, P. Effects of gamma irradiation and temperature on sugar and vitamin C changes in five Indian potato cultivars during storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 35, p. 209-216, 1990.

LANGERAK, D. I. The effect of combined treatment on the inactivation of moulds in fruit and vegetables. **Food Irradiation Newsletter**, Vienna, v. 8, n. 1, p. 16-17, 1984.

LEE, M. S.; KIM, H. L. Effects of ionizing radiation on sprout inhibition and nutritive value of potato tubers. **Korean Journal of Food Science and Technology**, Pyongyang, v. 4, p. 29-35, 1972.

LU, J. Y. et al. Gamma, electron beam and ultraviolet radiation on control of storage rots and quality of Walla Walla onions. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 12, p. 53-62, 1987.

MATIN, M. A.; SIDDIQUI, A. K.; HOSSAIN, M. A. Pilot-scale studies on irradiation and storage of onions. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Food irradiation processing.** Vienna: IAEA, 1985. p. 17-33.

MATSUYAMA, A.; UMEDA, K. Sprout inhibition in tubers and bulbs. In: JOSEPHSON, E. S.; PERTESON, M. S. (Ed.). **Preservation of food by ionizing radiation.** CRC Press, Boca Raton, FL, 1983. v. 3, p. 159-213, 1983.

METLITSKY, L. V.; KORABLEVA, N. P.; SHALINOVA, R. T. Industrial testing of gamma exposure of potatoes for the prevention of sprouting. **Konserv. Ovoshchesush. Prom.**, Moscow, n. 1, p. 23-25, 1968.

METLITSKY, L. V. et al. **Rest period controlled use of ionizing radiation during storage of onions and garlic.** Moscow: Biokhim. Plodov. Ovoshehei., Akad Nank USSR, Inst Biokhim., 1964. p. 163-168.

MOLCO, N.; PADOVA, R. **Chemical Analysis of stored Irradiated Onions**, Research. Laboratory Annual Report IA 1218, Israel Atomic Energy Commision, p.180, 1969.

MORETTI, C. L.; DURINGAN, J. F. Processamento de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 99-104, 2002.

NAIR, P. M. et al. Studies of sprout inhibition of onions and potatoes and delayed ripening of bananas and mangoes by gamma irradiation. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiation preservation of food**. Vienna: IAEA, 1973. p. 347-366.

NOURI, J.; TOOFANIAN, F. Extension of storage of onions and potatoes by gamma irradiation. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 10, p. 1275-1278, 2001.

OLIVEIRA, C. M. et al. Harvest date and storage pontential in garlic cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 4, p. 804-807, 2004.

PARK, N. P.; CHOI, E. H.; BYUN, K. E. Studies on the storage of onions by radiation. **Korean Journal of Food Science and Technology**, Pyongyang, v. 4, p. 84-89, 1972.

SCHREIBER, J. S.; HIGHLANDS, M. E. A study of biochemistry of irradiated potatoes stored under commercial conditions. **Food Research**, Champaign, v. 23, p. 464-469, 1958.

SPOTO, M. H. F. et al. Avaliação da qualidade da cebola (*Allium cepa* L.) cv. superex irradiada e armazenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 1370-1372.

TAKAI, Y.; IWAO, H. **Effects of Cobalt-60 gamma rays on potatoes**. Hyderabad, India: National Institute of Nutrition, 1969. 79 p. (Annual Report).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Irradiation of bulbs and tuber crops**. Vienna: IAEA, 1997. (TECDOC, 937). Disponível em: < http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_0937_scr.pdf >.

THOMAS, P. **Radiation preservation of foods of plant origin**. Part 2. Onions and other bulb crops. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 95-136.

THOMAS, P. et al. Pilot-scale storage tests on the efficacy of gamma irradiation for sprout inhibition of onions under commercial storage conditions. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 23, p. 79-81, 1986.

THOMAS, P. Irradiation of fruits and vegetables. In: MOLINS, R. A. (Ed.). **Food irradiation**: principles and applications. Chichester: John Wiley and Sons, 2001. p. 241-270.

TOBBACK, P. P. Radiation chemistry of vitamins. In: ELIAS, P. S.; COHEN, A. J. (Ed.). **Radiation chemistry of major food components**. Amsterdam: Elsevier Science, 1977. chap. 4, p. 187-220.

URBAIN, W. M. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986.

WALDER, J. M. M.; ARTHUR, V.; WIENDL, F. M. Conservação de cebolas *Allium cepa* através da radiação gama. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 35, n. 7, p. 58, 1983. Suplemento.

WALDER, J. M. M. et al. Avaliação da qualidade da cebola irradiada na Argentina e armazenada no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 568-569, 1997.

WHO. **Wholesomeness of irradiated food**. Geneva, 1977. (Technical Report Series, 606).

ANEXOS

ANEXO A - Ficha da análise sensorial Aparência Geral Externa e Firmeza para o cultivar Aquarius

ANÁLISE VISUAL EXTERNA

Cebola Inteira

Nome: _____

Data _____

Na sua frente estão amostras de cebola. Por favor, avalie a intensidade de cada atributo, marcando o número na categoria apropriada

Aparência Geral:
5 Excelente
4 Boa
3 Regular (mas comerciável)
2 Ruim
1 Péssima

Variedade				
AI	AII	AIII	AIV	AV

Firmeza:
5 Excelente (muito firme)
4 Boa (firme)
3 Regular (mas comerciável)
2 Ruim (murcha, mole, apodrecida)
1 Péssima (descartável)

Variedade				
AI	AII	AIII	AIV	AV

ANEXO B - Ficha da análise sensorial Aparência Geral Interna, Odor e Brilho para a cultivar Goiana

Análise Visula Interna *Cebola Cortada*

Nome: _____

Data _____

Na sua frente estão amostras de cebola. Por favor, avalie a intensidade de cada atributo, marcando notas de 1 a 7 conforme os quadros abaixo

Aparência Geral Interna:
7 Extremamente Aceitável
6
5
4
3
2
1 Extremamente Inaceitável

Variedade				
GI	GII	GIII	GIV	GV

Odor
7 Intenso
6
5
4
3
2
1 Nenhum

Variedade				
GI	GII	GIII	GIV	GV

Brilho
7 Intenso
6
5
4
3
2
1 Nenhum

Variedade				
GI	GII	GIII	GIV	GV