

PATRÍCIA HELENA RIBEIRO

**UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO COMO FITOSSANITÁRIO NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA BATATA BAROA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R484u
2013
Ribeiro, Patrícia Helena, 1986-
Utilização do ozônio como fitossanitário na conservação
pós-colheita da batata baroa / Patrícia Helena Ribeiro. – Viçosa,
MG, 2013.
xi, 71f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 61-71.

1. Armazenamento. 2. *Arracacia xanthorrhiza*. 3. *Erwinia*
- Controle. 4. Ozônio. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.568

PATRÍCIA HELENA RIBEIRO

**UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO COMO FITOSSANITÁRIO NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA BATATA BAROA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 29 de NOVEMBRO de 2013.

Fernando Luiz Finger
(Coorientador)

Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Eduardo Gomes de Mendonça

Lêda Rita D'Antonino Faroni
(Orientadora)

*“[...] talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
Mas lutei para que o melhor fosse feito [...]
Não sou o que deveria ser,
Mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

Marthín Luther King

***Aos meus queridos pais José André e Irene,
meus exemplos de vida.***

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder saúde e sabedoria, disposição e alegria de viver e por ter me dado mais uma conquista na vida.

À Santa Rita de Cássia e Nossa Senhora da Conceição Aparecida por intercederem junto a Jesus Cristo para iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, José André e Irene e irmãos Carlos Helter e Paulo Henrique, por todo amor, carinho, confiança e apoio incondicionais.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni pela orientação, confiança, ensinamentos e oportunidades concedidas. Apoiou e colaborou, com sua competência, na superação de minhas dificuldades de aprendizado.

Aos Professores Paulo Roberto Cecon e Fernando Luiz Finger pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Daniel por me fazer acreditar que mesmo se eu estivesse sozinha eu seria capaz de concluir minha tarefa com êxito, e que o sucesso está ao alcance de todos que realmente o deseja. Seu incentivo foi fundamental para levar adiante esta jornada.

A Camila além da colaboração, pela disposição, torcida, risadas e principalmente pelas orações.

Aos demais estagiários: Marcus Vinicius, Jaqueline, Ana, Luane, Paula e Vanessa, pela colaboração.

Aos amigos e colegas de laboratório: Juliane, Romenique, Rodrigo, Gutierrez, Rita Cristina, Luis, Luz Paola, Fernanda e Mariane pelo apoio, incentivo e momentos de

descontração. E especialmente a Raquel pelo tempo dedicado, ajuda e consolo nos momentos de desespero.

Aos meus colegas do BIOAGRO, Eduardo, Camila e Verônica pela paciência e apoio.

As grandes amigas Cissa e Svetlana pelo apoio, incentivo, amizade e parceria ao longo dos últimos anos de convivência. A vocês o meu eterno carinho e gratidão.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV pelo apoio, incentivo e disponibilidade em ajudar. Em especial ao Lucas Henrique que além de colega de trabalho, também se tornou um amigo.

Ao Geraldo, laboratorista do laboratório de Pós-colheita, obrigada pelo auxílio.

A todos que de um modo geral, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho e para minha formação acadêmica, Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

Patrícia Helena Ribeiro, filha de José André Ribeiro e Irene Maria Miranda Ribeiro, nasceu em Ervália, Minas Gerais, em 13 de janeiro de 1986.

Em janeiro de 2005 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa e graduou-se Engenheira Agrônoma em julho de 2010. Em julho de 2011 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Área de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação da Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, submetendo-se à defesa de tese em novembro de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Baroa	4
2.2 Bactérias do gênero <i>Erwinia</i>	6
2.3 O ozônio	9
2.3.1. Características físico-químicas do ozônio	9
2.3.2 Ozônio como agente antimicrobiano.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Obtenção do gás ozônio	15
3.2 Quantificação do gás ozônio	15
3.3 Quantificação ozônio dissolvido em água aquosa.....	16
3.4 Determinação do tempo e da concentração de saturação em solução aquosa.....	16
3.5 Processo de ozonização das raízes	17
3.6 Armazenamento das raízes	18
3.7 Análises qualitativas das raízes ozonizadas	18
3.7.1 Análise visual	18
3.7.2 Atividade de enzimas pectinolíticas	19
3.7.3 Determinação do teor de proteína	20
3.8 Análises físico-químicas	20
3.8.1 Perda de massa fresca.....	20
3.8.2 Variação de Cor (ΔE).....	20
3.8.3 Açúcares	21
3.8.4 Teor de amido.....	23
3.9 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	23
4. RESULTADOS.....	25
4.1 Eficácia do ozônio no controle de bactérias do gênero <i>Erwinia</i> nas raízes de batata baroa ..	26
4.1.1 Análise visual	26
4.1.2 Atividade de enzimas pectinolíticas	31
4.2 Efeito do ozônio nas características físico-químicas da batata baroa.....	36

4.2.1 Perda de massa	36
4.2.2 Diferença total de cor (ΔE)	38
4.2.3 Teor de amido.....	41
4.2.4 Açúcares Solúveis totais (AST)	43
4.2.5 Açúcares redutores (AR).....	45
4.2.6 Açúcares não redutores	48
4.3 Correlação	51
5. DISCUSSÃO.....	52
6. CONCLUSÕES.....	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

RESUMO

RIBEIRO, Patrícia Helena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2013. **Utilização do ozônio como fitossanitário na conservação pós-colheita da batata baroa.** Orientadora: Lêda Rita D'Antonio Faroni. Coorientadores: Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Cecon.

A podridão mole causada por bactérias do gênero *Erwinia* é responsável por grandes perdas da produção durante o transporte, armazenamento e comercialização da batata baroa, sendo considerada uma das doenças mais importantes desenvolvidas nas raízes. O tratamento pós-colheita mais utilizado, antes da comercialização das raízes é a lavagem durante 30 min em redes imersas em um tanque com água. Apesar do conhecimento de que o processo de lavagem acelera o apodrecimento-mole é praticamente impossível comercializar a raiz sem lavar, por rejeição do consumidor. O processo de lavagem de raízes, embora melhore a aparência, contribui para o aumento da perda de água durante o período de comercialização, pois danifica a película externa de proteção e facilita a infecção por bactérias e fungos. No Brasil não há produtos registrados no MAPA (Ministério de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento) para o controle de *Erwinia* em batata baroa. As desvantagens ligadas aos tratamentos convencionais tornam necessária a busca de novos métodos de controle da podridão mole na pós-colheita da batata baroa. Uma alternativa aos métodos tradicionais de tratamento pós-colheita de hortaliças é a aplicação de gás ozônio, que pode ser gerado no local por meio de uma descarga elétrica e é um forte agente oxidante e antimicrobiano que se caracteriza, principalmente, por apresentar uma alta reatividade e tempo de meia-vida entre 15 e 50 min, sendo degradado em O_2 , não apresentando resíduo tóxico. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do ozônio dissolvido em água no controle de bactérias do gênero *Erwinia* nas raízes de batata baroa, pela análise visual e pela atividade das enzimas pectinolíticas: pectinametilesterase e poligalacturonase, nos seus extratos durante o período de armazenamento; e analisar o efeito do tratamento com ozônio nas características físico-químicas da batata baroa. Para a avaliação do efeito do ozônio no controle da *Erwinia*, as raízes colhidas e lavadas manualmente foram tratadas com ozônio dissolvido em água, na concentração de $1,52 \text{ mg L}^{-1}$. O gás foi aplicado em fluxo contínuo, na vazão de 2 L min^{-1} , em água destilada a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e as raízes mergulhadas após a saturação da água, nos períodos de exposição 10, 20, 30 e 90 min. Como controle foram utilizadas baroas tratadas com o ar atmosférico dissolvido em água destilada a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, com vazão e períodos de exposição

iguais ao tratamento com ozônio. Após esse processo, as raízes foram acondicionadas em câmara climática a 23 ± 2 °C e $85\pm 5\%$ UR por 10 dias e analisadas diariamente. Foram analisados: o visual das raízes, a atividade específica das enzimas pectinolíticas: pectinesterase (PME) e poligalacturonase (PG), perda de massa (PM), diferença total de cor (ΔE), teor de amido, Açúcares Solúveis Totais (AST), Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Não Redutores (ANR). A análise visual das raízes de batata baroa ozonizadas não apresentou diferença ao controle, independentemente do tratamento aplicado. Também não houve diferença visual entre os diferentes tratamentos com ozônio. Ao final do armazenamento, a PME nos tratamentos de 30 min apresentou média menor nas baroas expostas ao ozônio em relação ao controle. Nos tratamentos de 90 min, o controle apresentou média menor que as raízes expostas ao ozônio. A PG nas raízes tratadas com ozônio por 90 min apresentou menor atividade em relação ao controle. A perda de massa decresceu com o aumento do tempo de exposição e aumentou com o aumento do período de armazenamento, porém não houve diferença estatística entre raízes expostas ou não ao ozônio. ΔE , teor de amido, AST, AR e ANR não apresentaram diferença estatística entre raízes expostas ou não ao ozônio. Verificou-se nas raízes ozonizadas que os AR apresentaram efeito quadrático significativo para tempo de exposição e período de armazenamento, atingindo o máximo em 5,29 dias e mínimo em 42,16 min. Observou-se correlação significativa e positiva entre PM x ΔE , PM x AST e PM x ANR e AST x ANR e correlação significativa e negativa entre PG x PME. Os demais coeficientes não apresentaram correlação significativa. Pode-se concluir que a aplicação do ozônio dissolvido na água na concentração de saturação de $1,52 \text{ mg L}^{-1}$ não foi eficaz no controle de bactérias do gênero *Erwinia* nas raízes de batata baroa, pelas análises visual e enzimáticas; e não afetou as características físico-químicas da batata baroa.

ABSTRACT

RIBEIRO, Patrícia Helena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2013. **The use of ozone as phytosanitary on the conservation of postharvest arracacha.** Advisor: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Co- advisers: Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Cecon.

The soft rot caused by *Erwinia* bacteria is responsible for big production losses during transporting, storing and commercialization of arracacha, being considered one of the most developed diseases in roots. The most used postharvest treatment before the commercialization of the roots is the washing for 30 minutes in networks immersed in a tank with water. Although the washing process accelerates the soft rot attack, it's practically impossible to commercialize the roots with no washing due to consumer's refusal. The washing process of the roots improves their appearance, but contributes to largest loss of water during the commercialization time because it damages the external film of protection and makes the contamination by bacteria and fungi easier to happen. In Brazil there are no products registered in MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock and Development) for control of *Erwinia* in acarracha. The disadvantages associated with conventional treatments necessitate the search for new methods of controlling soft rot in postharvest of acarracha. An alternative to traditional methods of postharvest treatment of vegetables is the application of ozone gas, which can be generated on site by means of an electric discharge and is a strong oxidizing agent and antimicrobial characterized mainly by presenting a high reactivity and half-life between 15 and 50 min, being degraded in O₂, showing no toxic residue. This paper aimed to evaluate the effectiveness of ozone dissolved on water in the control of bacteria of the genus *Erwinia* roots of acarracha, by visual analysis and by the activity of pectinolytic enzymes: pectinmethylesterase and polygalacturonase in their statements during the storage period; and analyze the effect of treatment with ozone on the physicochemical characteristics of acarracha. For evaluating the effect of ozone in controlling *Erwinia*, the roots were harvested and washed manually treated with ozone dissolved in water at a concentration of 1.52 mg L⁻¹. The gas continuous flow was applied, at a flow rate of 2 L min⁻¹ in distilled water at 20 ° C and the roots dipped after water saturation, with durations 10, 20, 30 and 90 minutes. For the control arracachas were treated with atmospheric air dissolved in distilled water at 20 ° C, and a flow rate equal periods of exposure to ozone treatment was used. After this process, the roots were placed in a climatic chamber at 23 ± 2 ° C and 85 ± 5% RH for 10 days and

analyzed daily. Were analyzed: the look of roots, the specific activity of enzymes pectinólícas: pectinesterase (PME) and polygalacturonase (PG), weight loss (WL), total color difference (ΔE), the starch content, total soluble sugars (TSS) , Reducing Sugars (RS) and non-reducing sugars (NRS). Visual analysis of the roots of acarracha ozonated showed no difference to the control independently of the treatment employed. There was also no visual difference between different ozone treatments. At the end of storage, PME in 30 min treatments showed lower average in arracachas exposed to ozone compared to control. In 90 min treatments, the control showed lower mean roots exposed to ozone. The PG in roots treated with ozone for 90 min showed lower activity compared to control. The mass loss decreased with increasing exposure time and increased with increasing storage period, but there was no statistical difference between roots exposed or not exposed to ozone. ΔE , the starch content, TSS, RS and NRS showed no statistical difference between roots exposed or not exposed to ozone. It was found in the roots ozonized that RS had significant exposure time and storage period quadratic effect, reaching a maximum of 5.29 days and minimum at 42.16 min. A significant and positive correlation between WL x ΔE , WL x TSS and PM x NRS and TSS x NRS and significant and negative correlation between PG x PME. The remaining coefficients showed no significant correlation. It can be concluded that the application of ozone dissolved in water at saturation concentration of 1.52 mg L^{-1} was not effective in controlling bacteria of the genus *Erwinia* on roots of acarracha by visual and enzymatic analyzes, and not affected physicochemical characteristics of arracacha.

1. INTRODUÇÃO

A batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), família Apiaceae, é uma hortaliça anual, originária dos andes colombianos, introduzida no Brasil por volta de 1900. Tem sido cultivada, principalmente, nas regiões sul e sudeste, estando a sua produção concentrada nos Estados do Paraná e Minas Gerais (Sediyama et al., 2008). Esta hortaliça recebe diferentes denominações, que variam de acordo com a região: mandioquinha salsa, batata baroa, batata salsa, batata fiúza e cenoura amarela. Sua adaptação às condições brasileiras ocorreu em grande parte devido às características de rusticidade, como a baixa exigência nutricional e reduzida ocorrência de pragas e de doenças (Filgueira, 2007).

O Brasil está entre os quatro maiores produtores dessa raiz, com produção média de 250 mil toneladas anuais, cerca de 95% destinada ao mercado de raízes in natura (Carvalho, 2008). O CEASA MINAS comercializou no ano de 2012 aproximadamente 6,3 mil toneladas de baroa (CEASA, 2013). Porém, essa produção está limitada ao consumo regional, pois a batata baroa apresenta um curto período de conservação pós-colheita, restringindo sua exportação para locais distantes do local de cultivo, reduzindo o mercado consumidor.

A comercialização da raiz é feita principalmente a granel, diretamente do produtor a varejistas ou a beneficiadoras, não passando pelas centrais de abastecimento, o que dificulta a obtenção de dados oficiais de produção. Tem-se como ponto crítico desse processo a conservação do produto, uma vez que é considerado altamente perecível, durando apenas 2 a 3 dias na condição usual de exposição nos mercados varejistas (Henz e Reifschneider, 2005). Tradicionalmente, considera-se que a batata baroa necessita de 365 dias de ciclo e pode permanecer mais 60 dias no campo para aguardar melhor preço (Sediyama et al., 2005).

O principal fator de deterioração da batata baroa é a perda de textura pela ação de enzimas pectinolíticas – pectato liase (Pel), poligalacturonase (PG) e pectinesterase (PME) – que degradam a pectina da parede celular, fazendo com que o tecido perca sua rigidez característica. A liberação destas enzimas na lamela média da parede celular se deve à ação das bactérias do gênero *Erwinia*, pertencentes ao grupo carotovora, que causam uma patologia comumente conhecida como apodrecimento-mole ou “mela” (Lopes e Henz, 1998). Existe uma relação direta entre o aumento da atividade de enzimas pectinolíticas e o crescimento microbiano em raízes de batata baroa (Pires 2005).

Apesar do conhecimento de que o processo de lavagem acelera a ocorrência do apodrecimento-mole (Henz, 2001), é praticamente impossível comercializar a raiz sem lavar, como ocorre com a batata, por se ter uma maior rejeição do consumidor (Zárate et al., 2001). Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas sobre técnicas de tratamento pós-colheita eficazes no controle da podridão mole.

A podridão mole é responsável por grandes perdas da produção durante o transporte, armazenamento e comercialização do produto, sendo considerada uma das doenças mais importantes desenvolvidas nas raízes (Lopes e Henz, 1998).

A maior parte da batata baroa consumida no varejo brasileiro é produzida no sistema convencional, que inclui a aplicação de fertilizantes químicos e o uso eventual de agrotóxicos, embora não exista nenhum produto químico oficialmente registrado para a cultura no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGROFIT, 2013).

Produtos químicos de diferentes classes e com distintos mecanismos de ação têm sido avaliados no controle de *Erwinia*, como antibióticos (kasugamicina, oxitetraciclina, estreptomicina e cefatoxina sódica), hipoclorito de sódio, ácido acetilsalicílico, outros compostos bacteriostáticos e desinfetantes (Henz, 2001). Para o controle de *Erwinia* spp. em hortaliças, no Brasil estão registrados no Mapa (Ministério de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento) para a cultura da batata o oxiclreto de cobre, o cloreto de benzalcônio, o sulfato de cobre e o antibiótico casugamicina; para a cultura da cenoura, o cloreto de benzalcônio e o antibiótico casugamicina; e para tomate, o oxiclreto de cobre e o óxido cuproso (AGROFIT, 2013).

A utilização de técnicas e/ou práticas que estejam relacionadas a fatores pós-colheita visando ao prolongamento da vida do produto, mantendo sua qualidade é desejada. Entre elas, destacam-se a utilização de embalagens plásticas (Ribeiro et al., 2007), de conservantes químicos (Scalon et al., 2002a) e a redução da temperatura (Scalon et al., 2002b; Ribeiro et al., 2007). Além desses processos, a radiação gama foi estudada como um meio de diminuição da carga microbiana. Porém, o uso deste método requer maior investimento. Aliado a isto, o uso isolado de qualquer um destes métodos não soluciona o problema, sendo recomendada a combinação de dois ou mais processos para estender a vida pós-colheita das raízes (Chiebao, 2008).

Uma alternativa aos métodos tradicionais de tratamento pós-colheita de hortaliças é a aplicação de gás ozônio (O₃) ou oxigênio triatômico, uma forma alotrópica do oxigênio, que se caracteriza, principalmente, por apresentar uma alta reatividade e tempo de meia-vida entre 15 e 50 min, sendo degradado em O₂, não apresentando resíduo tóxico (Spencer,

2003). Salienta-se que o ozônio foi classificado como GRAS (Generally Recognized as Safe) nos Estados Unidos e liberado pelo FDA (Food and Drug Administration) para uso direto em alimentos.

O ozônio pode ser produzido naturalmente como resultado de relâmpagos ou radiação ultravioleta (Kim et al., 1999). Sinteticamente, esse gás pode ser gerado pelo método de descarga por efeito corona no ar. Durante a geração do ozônio, moléculas de oxigênio (O₂) são dissociadas, produzindo radicais livres altamente reativos que interagem com outras moléculas de oxigênio, formando o O₃.

O alto poder oxidativo do ozônio torna-o um forte agente antimicrobiano, com elevada aplicabilidade na indústria de alimentos (Khadre et al., 2001). O tempo de exposição necessário para eliminação de microrganismos depende da espécie microbiana e da concentração do ozônio, sendo uma concentração menor que 0,02 mg L⁻¹ suficiente para tratar água pura. O gás age diretamente na superfície dos microrganismos e destrói sua parede celular (Stucki et al., 2005).

A eficácia do ozônio como agente antimicrobiano tem sido estudada por diversos autores e sido considerado um dos mais potentes sanitizantes conhecidos por apresentar largo espectro antimicrobiano e ser eficiente no controle de fungos e protozoários (Khadre et al., 2001), além de esporos de fungos (Wu et al., 2006) e de bactérias (Akbas e Ozdemir, 2006). Entre as espécies já estudadas e que apresentaram sensibilidade ao ozônio, destacam-se as bactérias *Salmonella typhimurium* (Chaidez et al., 2007), *Escherichia coli* e *Bacillus cereus* (Akbas e Ozdemir, 2008), *Listeria monocytogenes* (Sheelamary e Muthukumar, 2011), os fungos *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Aureobasidium* sp., *Cladosporium* sp., *Geotrichum* sp., *Mucor* sp., *Penicillium brevicompactum*, *Stachybotris chartarium*, *Trichoderma viride*, *Ulocladium* sp. (Hudson e Sharma, 2009), *Botrytis cinerea* (Barboni et al., 2010), *Fusarium oxisporum* (Igura et al., 2004), *C. gloesporioides* e *C. magna* (Costa, 2012) e os protozoários *Cyptosporidium* e *Giardia* (Hsu e Yeh, 2003), entre outros. Deste modo, espera-se que o ozônio possa ser eficaz na prevenção da podridão mole em raízes de batata baroa, o que justifica este estudo.

O presente estudo teve como objetivos avaliar a eficácia do ozônio dissolvido em água no controle de bactérias do gênero *Erwinia* nas raízes de batata baroa, pela análise visual e pela atividade das enzimas pectinolíticas, pectinametilesterase e poligalacturonase, nos seus extratos durante o período de armazenamento; e analisar o efeito do tratamento com ozônio nas características físico-químicas da batata baroa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Baroa

A batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*), descrita por Bancroft em 1825, é uma raiz comestível pertencente à família Apiaceae, originária dos andes colombianos, com a maior parte do seu cultivo confinado à América do Sul (Hermann, 1997). Foi introduzida no Brasil em 1907, por meio de mudas doadas à Sociedade de Agricultura do Brasil pelo general colombiano Rafael Uribe y Uribe. Hoje representa uma importante atividade para produtores da região Centro-Sul, principalmente nas terras altas de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo e São Paulo, onde se adaptou às condições edafoclimáticas, semelhantes àquelas da região de origem (Câmara e Santos, 2002). Seu cultivo teve início em Nova Friburgo, trazida pelo Barão de Friburgo. Como os escravos da época chamavam a baronesa, mulher do barão, de “baroa”, a batata acabou ficando com esse nome. É conhecida comumente por mandioquinha salsa, batata baroa, batata salsa, batata fiúza e cenoura amarela, entre outras denominações.

O produto mais valioso da baroa são as raízes, de fácil digestibilidade, valor nutritivo elevado, que pode ser consumida cozida, frita ou em forma de purês, sopas e alimentos infantis. Caracteriza-se como um alimento energético pelo seu alto teor de carboidratos, apresentando níveis consideráveis de vitamina A, niacina, cálcio, fósforo e ferro. É recomendada em dietas para crianças e idosos pelo seu conteúdo de cálcio e fósforo e pelas características do seu amido, que contém amilose em torno de 23%, grânulos arredondados, de difícil retrogradação e sinerese, fatores que contribuem para sua grande digestibilidade (Leonel e Cereda, 2002). As folhas servem também para a alimentação de animais, inclusive monogástricos. Pode ser plantado o ano todo, podendo o agricultor mantê-la no campo, aguardando preços mais elevados, fazendo colheitas parciais.

Há uma preferência por raízes de tamanho médio a grande, cultivares de cor amarela, e pelo produto a granel, principalmente pela questão do preço em relação aos produtos pré-embalados. A maioria dos consumidores (73%) compra o produto em supermercados e feiras livres, conservando-o em sacos plásticos sob refrigeração (Henz e Reifchneider, 2005).

Uma alternativa ao problema gerado pelo excesso de safra da batata baroa seria a exportação das raízes para outros centros de comercialização, porém esta possibilidade está limitada em função da alta perecibilidade das raízes pós-colheita. É um produto altamente

perceível, com máxima duração pós-colheita de 6 dias, à temperatura ambiente (Henz, 2001; Pires, 2005) e de 2 a 3 dias na condição usual de exposição nos mercados varejistas, ou seja, raízes soltas em gôndolas ou caixas abertas, sem embalagem ou refrigeração, onde o consumidor pode manusear o produto e escolher a quantidade e a qualidade desejada (Henz e Reifschneider, 2005).

A deterioração pós-colheita das hortaliças é causada por alterações metabólicas relacionadas com o metabolismo respiratório, biossíntese e ação do etileno, injúrias mecânicas, perda de água, desordens fisiológicas e deterioração microbiana (Lana e Finger, 2000; Scaloni et al, 2002).

Avelar-Filho (1989) verificou que a taxa respiratória apresentada pela raiz de batata baroa é baixa, não se constituindo, portanto, um fator preponderante à sua perecibilidade. A perda excessiva de matéria fresca, a incidência de injúrias mecânicas e as doenças que afetam a aparência do produto e seu valor como mercadoria são os principais problemas pós-colheita dessas raízes (Thompson, 1980; Hermann, 1997; Henz et al., 2005).

O tratamento pós-colheita mais comumente usado antes da comercialização das raízes é a lavagem durante 30 min em redes imersas em um tanque com água onde são agitadas por movimentos pendulares por um braço mecânico acionado por motores (Henz, 2001). Apesar do conhecimento de que o processo de lavagem acelera o apodrecimento-mole (Thompson, 1980; Henz, 2001), é praticamente impossível comercializar a raiz sem lavar, como ocorre com a batata, por rejeição do consumidor. O processo de lavagem de raízes, embora melhore a aparência, contribui para o aumento da perda de água durante o período de comercialização, pois danifica a película externa de proteção e facilita a infecção por bactérias e fungos (Zárate et al., 2001).

A cultura da batata baroa é tida como rústica, com boa tolerância a doenças e pragas, porém, dificilmente as raízes atingirão o ponto de colheita sem apresentar problemas com algum tipo de doença ou praga devido ao seu ciclo relativamente longo, de 10 a 12 meses (Henz, 2002). O apodrecimento-mole, ou “mela”, causada pela ação das bactérias do gênero *Erwinia*, é a doença mais importante da batata baroa, respondendo por grandes perdas durante o transporte, armazenamento e comercialização das raízes (Lopes e Henz, 1998). Essas perdas afetam consideravelmente a comercialização.

2.2 Bactérias do gênero *Erwinia*

O gênero *Erwinia* foi nomeado pelo fitopatologista Erwin F. Smith (De Boer, 2003). São bactérias anaeróbias facultativas, não formadoras de esporos, Gram-negativas, com flagelos peritríquios, altamente móveis (Pérombelon e Kelman, 1980).

A principal característica que distingue a *Erwinia* de apodrecimento mole das demais espécies de *Erwinia* é a capacidade de produzir grandes quantidades de enzimas pectolíticas que lhe permitem digerir a lamela média das células dos órgãos atacados, causando a desorganização dos tecidos vegetais, resultando na podridão aquosa (Amorim et al., 2011).

As bactérias causadoras de apodrecimento-mole pertencentes ao grupo “carotovora” incluem as seguintes espécies e subespécies: *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca), *E. carotovora* subsp. *carotovora* (Ecc), *E. carotovora* subsp. *betavasculorum*, *E. carotovora* subsp. *wasabiae*, *E. carotovora* subsp. *odorifera*, *E. chrysanthemi* (Ech), *E. cypripedii*, *E. rhapontici* e *E. cacticida* (De Boer e Kelman, 2001). Entre as espécies de *Erwinia* pertencentes ao grupo pectolítico, Eca, Ecc e Ech são as mais importantes, principalmente para hortaliças (Takatsu, 1983; Lopez e Henz, 1998).

O primeiro relato da ocorrência de *Erwinia* em raízes de batata baroa foi em Burton (EUA), no ano de 1970. Posteriormente, em 1972, Cármino e Diaz Polano identificaram a *Erwinia amylovora* como o microrganismo responsável por essa doença em raízes de baroa, na Venezuela (Henz, 2002). No Brasil, a podridão-mole foi primeiramente identificada no campo por Romeiro et al. (1988), no estado de Minas Gerais, sendo a *Erwinia carotovora* o microrganismo responsável. No Distrito Federal, outras subespécies do gênero foram identificadas como causadoras da doença: Ecc, Eca e Ech (Henz et al., 1992).

O estágio de desenvolvimento do apodrecimento mole compreende a multiplicação, sem a maceração do tecido, da bactéria latente presente em áreas que favoreçam a infecção, como em ferimentos e lenticelas. Quando atingido um número crítico, estimado em $10^7 - 10^8$ células g^{-1} , a bactéria começa a produzir e secretar uma grande variedade de enzimas líticas que irão degradar as células vegetais, órgão e tecidos. As enzimas pectolíticas são introduzidas entre as demais enzimas extracelulares produzidas, tornando-se essenciais para a virulência da bactéria (Smadja et al., 2004).

Muitas vezes a deterioração de hortaliças é acompanhada por um forte odor de putrefação, causado por microrganismos secundários e não pelas bactérias do gênero *Erwinia* (Lopes e Henz, 1998).

A maior ocorrência e severidade das podridões moles ocorrem em condições de temperaturas acima de 25 °C e de altas taxas de umidade do solo e do ar, provocadas por irrigação excessiva ou períodos de chuva. Isso se deve à presença de água livre, que possibilita a infecção da planta. A penetração do patógeno nas raízes de baroa pode ocorrer através de ferimentos provocados por insetos, pelo manuseio ou ainda por abrasões sofridas pelas raízes no campo, e ainda através das lenticelas, que, pelo encharcamento do solo e pela baixa aeração, são expandidas (Lopes e Henz, 1998). No período pós-colheita, a entrada pode ocorrer através da água de lavagem contaminada por bactérias do solo.

As exoenzimas são os fatores de virulência primários das bactérias pectolíticas. As enzimas pectatoliase, pectinametilsterase e poligalacturonase estão diretamente envolvidas na maceração do tecido vegetal pela digestão da pectina que liga as células vegetais (De Boer, 2003). Essas enzimas clivam as substâncias pécicas encontradas na parede de células vegetais por β -eliminação, gerando oligômeros, que são 4,5 insaturados na terminação não-redutora (Barras et al., 1994; Smadja et al., 2004), com exceção da poligalacturonase, que cliva por hidrólise (Collmer e Keen, 1986).

A Pectinametilsterase (PME) tem papel importante no amaciamento de frutos pelo aumento in vivo da suscetibilidade das pectinas à PG durante o amadurecimento (Koch e Nevins, 1989). Essa enzima catalisa a hidrólise da ligação éster de substâncias pécicas (remoção dos grupos metoxilas) produzindo álcool metílico e ácido pectínico ou pécico (Whitaker, 1972) (Figura 1A).

A PG só catalisa a hidrólise das ligações α ,1-4 do ácido galacturônico quando desesterificados (Fischer e Bennett, 1991). Portanto, a hidrólise da pectina depende da ação da PME (Pressey e Avants, 1982) (Figura 1B).

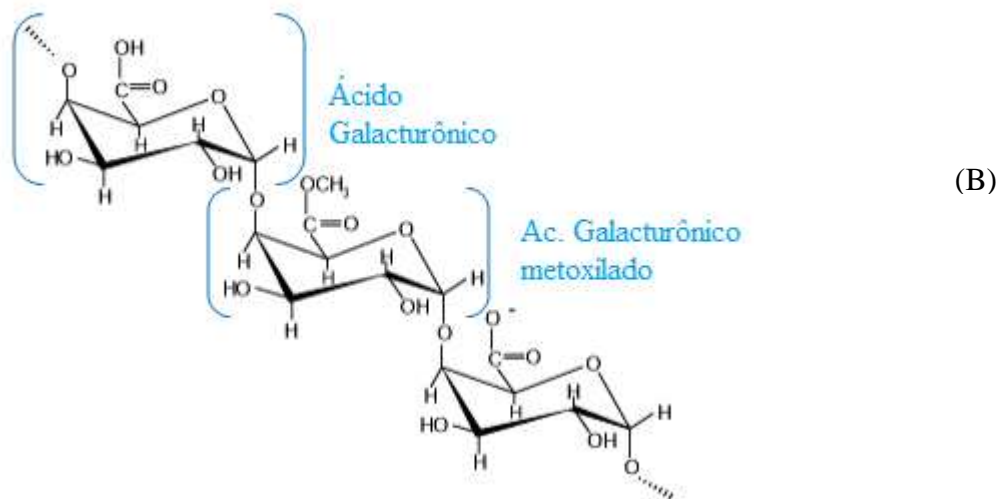
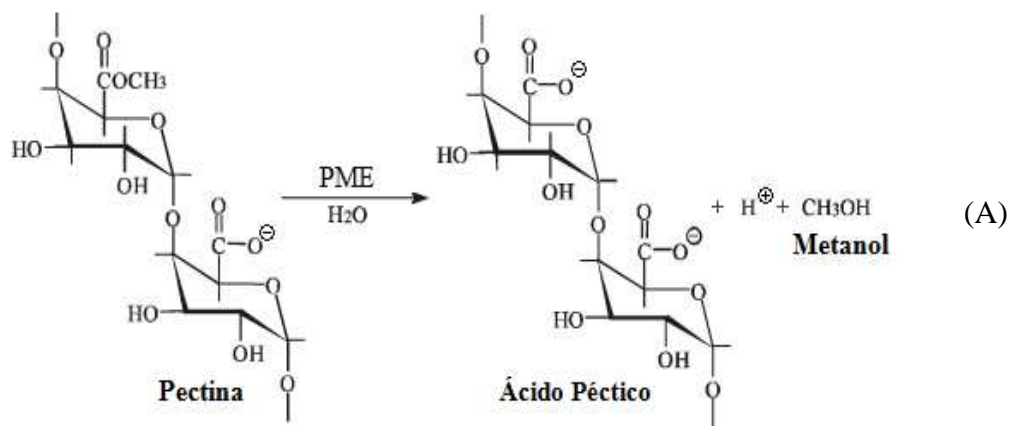


Figura 1 - Remoção dos grupos metoxilas de substâncias pécicas pela enzima PME (A). Estrutura química da pectina. Cadeia principal linear de unidades repetidas de α -(1 \rightarrow 4)-D-ácido galacturônico, sendo parte destas unidades apresenta-se esterificada, com éster metílico (Hourdet et al., 1991) (B).

Pires (2005) verificou relação direta entre o aumento da atividade de enzimas pectolíticas e o crescimento microbiano em raízes de batata baroa. As raízes foram acondicionadas a vácuo e armazenadas tanto à temperatura ambiente quanto sob-refrigeração. As raízes armazenadas a vácuo e à temperatura ambiente se degradaram completamente já no quarto dia de armazenamento, apresentando amolecimento substancial e produção de gás e açúcares, acompanhados pelo aumento significativo na atividade das enzimas pectolíticas pectinesterase, poligalacturonase e pectato liase neste

mesmo período. Neste mesmo trabalho, Pires (2005) identificou, via testes bioquímicos e de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), o microrganismo *Erwinia carotovora* como o responsável pela deterioração das raízes de baroa e pelo incremento da atividade pectinolítica.

2.3 O ozônio

A palavra ozônio vem do grego “ozein” que quer dizer mau cheiro. O significado do nome reflete uma de suas principais características, ou seja, o forte odor que exala quando exposto em alta concentração. Esta característica foi observada pela primeira vez em 1785, pelo químico holandês Martinus Van Maurun, próximo a uma descarga elétrica. No entanto, o ozônio foi descoberto em 1839, por Schonbein, que estudava a decomposição eletrolítica da água (Lapolli et al., 2003).

2.3.1. Características físico-químicas do ozônio

O ozônio (O_3) consiste em uma molécula triatômica de oxigênio formada pela adição de um radical livre O^{\cdot} ao oxigênio molecular. O gás ozônio é um composto instável que decai rapidamente a oxigênio biatômico, podendo ser produzido naturalmente como resultado de relâmpagos ou radiação ultravioleta (Kim et al., 1999). Sinteticamente, o O_3 pode ser gerado pelo método de descarga por efeito corona (Khadre et al., 2001; Guzel-Seydim et al., 2004).

É um gás incolor à temperatura ambiente e em baixas concentrações, adquirindo coloração azulada em altas concentrações. A $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$, o ozônio se condensa como um líquido de coloração azul escura (Guzel-Seydim et al., 2004) e congela a $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$, formando um sólido de cor violeta escura.

Em temperaturas ambiente e refrigerada, é um gás com odor pungente característico, podendo ser detectado pelo olfato humano em concentrações que variam entre 0,02 e 0,04 ppm (Kim et al., 1999; Khadre et al., 2001).

O ozônio apresenta elevado potencial de oxidação (2,07 V) quando comparado ao cloro (1,36 V) e ao oxigênio (1,23 V) (Greene et al., 2012). É o segundo oxidante mais poderoso, excedido em seu potencial de oxidação somente pelo flúor (3,06 V).

A solubilidade do ozônio na água é reduzida pelo aumento da temperatura. A $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, a solubilidade do ozônio é $0,6401\text{ L de }O_3\text{ L}^{-1}$ de água, já a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, ele se torna insolúvel (Greene et al., 2012).

O tempo de meia vida do ozônio pode variar, dependendo da qualidade do meio. É relativamente instável em solução aquosa, com meia-vida variando de 20 a 30 min em água destilada a 20 °C (Khadre et al., 2001; Vidal, 2003), embora alguns autores já tenham reportado uma meia-vida de 165 min (Khadre et al., 2001; Vidal, 2003; Di Bernardo e Dantas, 2005). A pureza da água normalmente afeta a estabilidade do ozônio, sendo em soluções impuras degradado mais rapidamente que em água pura (Greene et al., 2012). Entretanto, na forma gasosa, apresenta tempo de meia vida menor que 20 min a 20 °C (Novak e Yuan, 2007).

2.3.2 Ozônio como agente antimicrobiano

Em 2001, o gás ozônio foi classificado pela FDA (U.S. Food and Drug Administration), como sanitizante seguro para aplicação em alimentos (Gabler et al., 2010). Apresenta potencial para várias aplicações na indústria de alimentos. Alta reatividade, penetrabilidade e decomposição espontânea em um produto não tóxico (O₂) fazem do ozônio um desinfetante viável para garantir a segurança microbiológica dos produtos alimentares (Pirani, 2011).

Aplicações de ozônio na indústria de alimentos são principalmente relacionadas com a descontaminação da superfície dos produtos e com o tratamento da água. Com o objetivo de conservar os alimentos, o ozônio pode ser utilizado na forma gasosa em câmaras frigoríficas, silos e depósitos de alimentos, protegendo e conservando cereais, frutas, hortaliças, carnes e laticínios.

Como a maioria das perdas pós-colheita e as perdas decorrentes da manipulação excessiva de alimentos ocorrem por ação de bactérias, fungos e infestações por insetos, a injeção direta de gás ozônio em depósitos mantém o ambiente limpo e esterilizado, mesmo quando há altos índices de calor e umidade, o que assegura maior tempo de armazenamento e vida útil dos alimentos. O ozônio pode também ser utilizado dissolvido em água na lavagem ou enxágue sanitário de alimentos, equipamentos e acessórios (Chiattonne et al., 2008).

O ozônio, nas fases gasosa ou aquosa, é eficaz contra a maioria dos microorganismos testados por vários grupos de pesquisa. Concentrações relativamente baixas de ozônio e curto tempo de contato são suficientes para inativar bactérias (incluindo Gram-negativas e Gram-positivas, células vegetativas e esporos), fungos, leveduras, parasitas e vírus.

Embora os microrganismos variem em sensibilidade ao ozônio, os fatores fisiológicos e ambientais afetam o grau de inativação deles. A suscetibilidade dos microrganismos a esse gás varia com o estado fisiológico da cultura, pH do meio, temperatura, umidade, concentração residual, quantidade de matéria orgânica em torno das células e presença de aditivos, como, por exemplo, ácidos, agentes tensoativos e açúcares (Kim et al., 1999; Khadre et al., 2001; Kechinski, 2012; Pascual et al., 2007; Alencar, 2012; Pirani, 2011). A redução ou a inativação da população microbiana pela ozonização depende também da concentração de ozônio, do tempo de aplicação e do microrganismo envolvido (Silva et al., 2011).

O pH não apresenta influência direta na inativação dos microrganismos. As alterações na eficiência do processo de desinfecção com variações no pH estão relacionadas com mudanças na taxa de decomposição do ozônio (Silva et al., 2011).

O efeito da temperatura na eficiência da ozonização se deve a dois efeitos simultâneos: aumento na velocidade da reação e variação da solubilidade com a temperatura. O aumento da temperatura reduz a solubilidade do ozônio, reduzindo sua quantidade disponível para a reação (Gogate e Pandit, 2004).

O aumento da umidade relativa (UR) está positivamente correlacionado ao aumento da toxicidade do O₃ (Ozkan et al., 2011). Kim e Yousef (2000) estudaram os efeitos da UR na inativação de *Bacillus subtilis* e encontraram que a UR ideal foi de 90 - 95%. Ewell et al. (1946) demonstraram que os microrganismos foram eliminados mais facilmente pelo ozônio em um ambiente úmido.

A eficácia de ozônio contra microorganismos depende não só da concentração aplicada, mas também do ozônio residual no meio. O ozônio residual é a concentração de ozônio que pode ser detectado no meio após sua aplicação na superfície do alvo.

A presença de substâncias orgânicas pode competir com os microrganismos pela interação com o ozônio. Os vírus e as bactérias, associados a células ou resíduos celulares, são resistentes ao ozônio, mas os vírus purificados são prontamente inativados (Pirani, 2011).

Além dos fatores já citados, a radiação ultravioleta ou a presença de catalisadores à base de paládio, manganês e óxido de níquel, assim como metais, óxidos de metais, hidróxidos e peróxidos aceleram a decomposição do ozônio, alterando sua eficácia (Hoigné e Bader, 1985; Lapolli et al., 2003; Silva et al., 2011).

O ozônio é um forte agente antimicrobiano com potencial para numerosas aplicações na indústria de alimentos. Novas aplicações, vantagens e desvantagens são

descobertas constantemente. Entre as vantagens da aplicação do ozônio, deve ser destacada sua rápida degradação, que faz com que não haja permanência de resíduos tóxicos nos produtos.

Além de ser um gás instável, sua decomposição espontânea em um produto não tóxico (gás oxigênio, O₂) o torna controlável em casos de acidentes, uma vez que não persistirá no meio ambiente por longo período de tempo, como aconteceria com um gás tóxico estável (Kechinski, 2007). Pode ser gerado no local de aplicação e não necessita ser estocado (Alencar, 2012), dispensando o uso de vasilhames e espaço físico para seu armazenamento.

O ozônio apresenta alta reatividade e penetrabilidade. Na fase gasosa ou aquosa, retarda o crescimento de bactérias, bolores, leveduras, parasitas e vírus, em pequenas concentrações e curto tempo de contato (Kechinski, 2007; Zarpelon e Rodrigues, 2013). Não apresenta especificidade a um grupo de microrganismos (Alencar, 2012; Khadre et al., 2001), podendo ser utilizado para o controle de diversos microrganismos em uma única aplicação. Pode ainda ser usado para degradação de pesticidas ou outras substâncias orgânicas tais como detergentes sintéticos, herbicidas, entre outros (Zarpelon e Rodrigues, 2013).

O ozônio não forma componentes persistentes e/ou prejudiciais ao meio ambiente, não é considerado carcinogênico nem mutagênico, não se acumula em tecido gorduroso nem causa efeitos crônicos ao longo do tempo (Kechinski, 2007). Algumas das vantagens citadas podem ser também desvantagens sob outros aspectos. Pelo fato de o ozônio ser um gás instável, uma das principais dificuldades da ozonização é a impossibilidade de o ozônio produzir efeito residual que previna eventual recontaminação. Como desinfetante, o ozônio tem um efeito imediato, elimina a carga microbiana presente, porém posteriormente pode haver uma recontaminação, pois o efeito residual de ozônio é praticamente nulo. Existe também a necessidade de treinamento de colaboradores para a aplicação da técnica.

Outra desvantagem da aplicação do ozônio, que merece atenção, se refere à sua toxicidade ao homem, que é um importante critério para sua aprovação no ambiente de processamento de alimentos. Em baixas concentrações, o ozônio não é um gás extremamente tóxico, mas em altas concentrações, pode ser letal (Russel et al., 1999). Uma concentração de ozônio da ordem de 0,1 mg L⁻¹ pode causar irritação no nariz, garganta e olhos. Pesquisadores alegam que concentrações de ozônio de 0,02 a 0,04 mg L⁻¹ podem ser detectadas pelo ser humano e que a exposição prolongada a concentrações iguais ou superiores a 1,0 mg L⁻¹ pode causar a morte. Uma exposição de uma hora a concentrações

de 2, 4, 15 e 95 mg L⁻¹ pode causar efeitos sintomáticos, irritantes, tóxicos e letais, respectivamente. Os efeitos tóxicos do ozônio pela inalação são manifestados nos pulmões (Kim et al., 1999).

As regulamentações governamentais dos níveis aceitáveis do gás ozônio variam. Nos Estados Unidos da América, um indivíduo pode ficar exposto à concentração de 0,1 ppm por até 8 h por dia (CFR, 1997). Já na Europa, o limite estabelecido para exposição de indivíduos ao O₃ é de 0,06 ppm por até 8 h (Who, 2000). No Brasil, a legislação, por meio da Norma Regulamentadora N° 15, Portaria N° 3.214/78 da ANVISA, estabelece limite de exposição de trabalhadores ao gás ozônio de 0,08 ppm, para jornada semanal de trabalho de até 48 h (Brasil, 1978).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Grãos do Setor de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA); no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química (DEQ); no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia (DFT); e no Laboratório de Enzimologia, Bioquímica de Proteínas e Peptídeos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Bioagro), todos localizados na Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa, MG.

Foram utilizadas raízes de batata baroa de tamanho médio, da variedade Amarela de Senador Amaral (Figura 2) obtidas diretamente de produtor comercial da cidade de Ouro Branco, MG. As raízes foram colhidas manualmente 10 meses após o plantio e transportadas em caixas plásticas recobertas com papel, à temperatura ambiente, até o Laboratório de Grãos, e armazenadas sem lavar até o início do experimento. No dia seguinte à colheita, as raízes foram lavadas manualmente com o auxílio de uma esponja, selecionadas quanto a danos, deformações visíveis e doenças, com a finalidade de se obter um produto homogêneo e então, imediatamente submetidas ao processo de ozonização.



Figura 2 - Raízes de batata baroa da variedade Amarela de Senador Amaral antes do processo de lavagem.

3.1 Obtenção do gás ozônio

O gás ozônio foi obtido por meio do gerador de ozônio O&LM, desenvolvido pela empresa Ozone & Life (São José dos Campos, SP) (Figura 3). No processo de geração do gás foi utilizado, como insumo, oxigênio isento de umidade, obtido pelo concentrador Mark 5 plus (OxxiSul, Curitiba, PR) (Figura 2). Este oxigênio, no gerador, passou por um reator refrigerado, no qual ocorreu uma descarga por barreira dielétrica (DBD). Esta descarga foi produzida ao aplicar uma alta voltagem entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde fluiu o ar seco. Neste espaço livre foi produzida uma descarga em forma de filamentos, que gerou elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o ozônio.



Figura 3 - Concentrador de oxigênio e gerador de ozônio.

3.2 Quantificação do gás ozônio

O método utilizado para quantificar a concentração inicial do gás ozônio a ser borbulhado na água foi o iodométrico (Clesceri et al., 2000), que consiste no borbulhamento do ozônio em 50 mL de solução de iodeto de potássio (KI) $0,12 \text{ mol L}^{-1}$, com produção de iodo (I_2). Para garantir o deslocamento da reação para a produção de I_2 , foi necessário acidificar o meio com 2,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$. A solução foi então titulada com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ até que a

coloração castanha do iodo se tornasse clara. Em seguida, foi adicionado 1 mL de solução indicadora de amido 1% e feita a titulação até o desaparecimento da coloração azul.

3.3 Quantificação ozônio dissolvido em água aquosa

O monitoramento do ozônio dissolvido em água foi feito por medidas constantes de absorvância, no comprimento de onda de 258 nm, em um espectrofotômetro Cirrus 80ST (FEMTO, São Paulo, SP) (Figura 4A). Este procedimento é feito para que se possa estimar a concentração de ozônio pelos valores de absorvância encontrados nos experimentos.

A determinação da concentração de ozônio dissolvido em água, após borbulhamento, foi feita através do Kit Ozone Vacu-vials (CHEMetrics, Midland, VA, EUA), pelo método DDPD (um método desenvolvido e patenteado por CHEMetrics, Inc.), que emprega uma forma de metil-substituído do reagente DPD (N,N-diethylp-Phenylenediamine). Este método consiste na oxidação do iodeto, presente na amostra, pelo ozônio. O iodo reage com o DPD, formando uma solução de coloração azul violeta, cuja intensidade varia proporcionalmente com a concentração do ozônio na amostra. As leituras foram feitas em um fotômetro SAM (CHEMetrics, Midland,VA, EUA) (Figura 4B).

Com o método DDPD, obteve-se uma curva analítica entre a absorvância de ozônio, em 258 nm, e sua respectiva concentração em água.

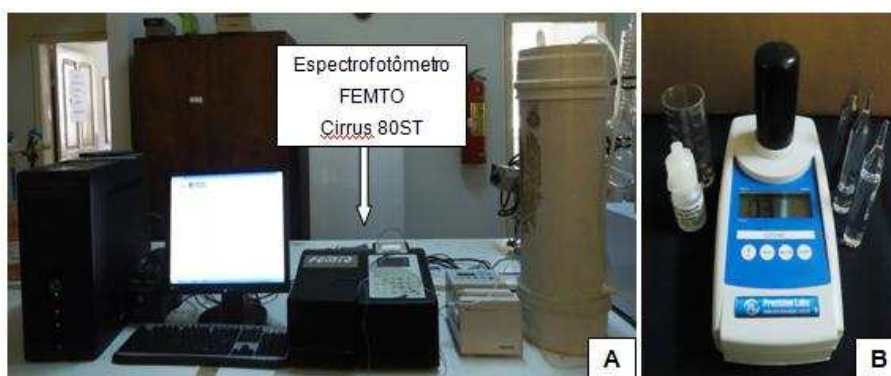


Figura 4 - Equipamentos utilizados na determinação do ozônio dissolvido em água. Espectrofotômetro FEMTO (A) e Kit Ozone Vacu-vials com fotômetro SAM (B).

3.4 Determinação do tempo e da concentração de saturação em solução aquosa

No processo de ozonização da água, utilizou-se um tanque cilíndrico de PVC, de 35 cm de diâmetro por 60 cm de altura, dotado de tampa, também em PVC, com duas aberturas para entrada e exaustão do gás (Figura 5A). O gás ozônio foi borbulhado no

fluxo de 2 L min^{-1} em 20 L de água na temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, através de uma mangueira perfurada em forma de espiral, fixada no fundo do tanque (Figura 5B). À medida que o ar contendo ozônio percorria a mangueira, o gás era expelido através dos microfuros presentes em toda extensão da espiral, fazendo com que a água contida no interior do tanque fosse borbulhada uniformemente. Então as bolhas percorriam toda a extensão do tanque até a superfície da água e o ozônio residual era encaminhado até o ambiente externo, através de uma mangueira, conectada com a abertura de exaustão.

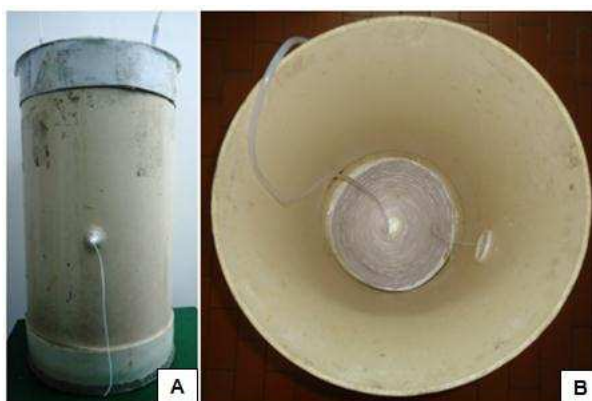


Figura 5 - Tanque cilíndrico de PVC usado para ozonização das batatas baroa (A) e interior do tanque com espiral para borbulhamento do gás (B).

A concentração do ozônio dissolvido em água foi monitorada em fluxo contínuo com auxílio de uma bomba peristáltica IPC-8 (Ismatec, Zurique, Suíça), durante 74,71 min.

3.5 Processo de ozonização das raízes

As raízes foram tratadas com o gás ozônio na concentração de $8,15 \text{ mg L}^{-1}$, tendo essa concentração sido selecionada com base em testes preliminares. O gás foi aplicado em fluxo contínuo, na vazão de 2 L min^{-1} , em água destilada, e as raízes mergulhadas após a saturação da água, durante os períodos de exposição (10, 20, 30 e 90 min), com 3 repetições.

O tratamento das baroas com água ozonizada foi feito em água destilada a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, uma vez que a solubilidade do ozônio em água depende também da temperatura (USEPA, 1986). Por vez foram ozonizadas 120 raízes de baroa (3 raízes de baroa por unidade amostral x 10 dias de armazenamento x 4 tempos de exposição). Ao final de cada tempo de exposição, o tanque era aberto e retiradas 30 raízes. O tanque era fechado novamente, mantendo-se a concentração de ozônio constante, continuando o processo até o término do

tempo seguinte. Ao final do último período de ozonização, procedia-se ao descarte da água utilizada.

Nos controles, foram utilizadas baroas tratadas com o ar atmosférico dissolvido em água, aplicado em fluxo contínuo, na vazão de 2 L min^{-1} , em água destilada. As raízes foram mergulhadas após um período igual ao tempo de saturação da água pelo ozônio, durante os períodos de exposição (10, 20, 30 e 90 min), com 3 repetições.

3.6 Armazenamento das raízes

Ao término da ozonização, as raízes foram retiradas da água e colocadas sobre papel toalha para secar. Em seguida, foram acondicionadas em número de três por bandeja de poliestireno expandido, dentro de caixas plásticas e armazenadas em câmaras climáticas (Figura 6) a $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, onde permaneceram até não mais atenderem aos padrões comerciais.



Figura 6 - Baroas acondicionadas em câmara climática a $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de umidade relativa.

3.7 Análises qualitativas das raízes ozonizadas

3.7.1 Análise visual

A análise visual de todas as raízes foi feita diariamente pela comparação de fotos entre tratamentos e entre tratamentos e seus respectivos controles durante todo o período de armazenamento (10 dias).

3.7.2 Atividade de enzimas pectinolíticas

3.7.2.1 Pectinametilesterase (PME)

Para a obtenção do extrato enzimático, 5 g de amostra foram homogeneizados em Turrax (IKA, Staufen, Alemanha), com 10 mL de NaCl 1 mol L⁻¹, contendo 10 g L⁻¹ de polivilpirrolidona (PVP). A suspensão foi filtrada em gase com 8 dobras e centrifugada em microcentrifuga Eppendorf 5415C (Brinkmann Instruments, Westbury, EUA), a 10.000 g, por 30 min, a 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático e foi armazenado a -20 °C para as análises posteriores. A atividade foi feita com base numa mistura contendo 600 µL de pectina 0,5% (m/v), 200 µL de azul de bromotimol 0,01% (m/v), 650 µL de água deionizada e 100 µL de extrato enzimático. Todas as soluções foram ajustadas para pH 7,5 antes do procedimento de dosagem para medir a atividade da enzima. As leituras de absorbância foram monitoradas durante 180 s a 620 nm, em um espectrofotômetro Shimadzu UV-1601 (Quioto, Japão), com circulação de água a 30 °C, para manter a temperatura constante durante o tempo de leitura, conforme método de Vicente et al. (2005), modificado por Costa (2009).

Uma unidade de atividade enzimática (U) foi expressa por 1,0 µg ácido galacturônico x min⁻¹ x mg de proteína⁻¹.

3.7.2.2 Poligalacturonase (PG)

A extração das enzimas teve por base o método desenvolvido por Pires e Finardi-Filho (2005). Para a obtenção do extrato enzimático, 5 g de amostra foram homogeneizados com 10 mL de tampão acetato de sódio 37,5 mmol L⁻¹, pH 5,0, no homogeneizador Ultra Turrax (IKA, Staufen, Alemanha), por 2 min. A suspensão foi filtrada em gase com 8 dobras e centrifugada em microcentrifuga Eppendorf 5415C (Brinkmann Instruments, Westbury, NY, USA), a 10.000 g, por 30 min, a 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático e foi armazenado a -20 °C para as análises posteriores. A atividade enzimática da PG foi ensaiada em uma mistura reacional contendo 5 µL do extrato enzimático, 245 µL de tampão acetato de sódio 37,5 mmol L⁻¹, pH 5,0 e 225 µL de solução de ácido poligalacturônico (0,25% m/v), previamente dissolvido em tampão acetato de sódio 100 mmol L⁻¹, pH 5,0. Essa mistura foi incubada a 37 °C durante 30 min em banho-maria ultratermostático (Nova técnica, Piracicaba, SP). Em seguida, foi paralisada em banho fervente por 5 min e adicionados 500 µL de solução de ácido dinitrosalicílico (DNS), tendo o ensaio sido submetido ao banho fervente por 5 min

para desenvolvimento da cor. Logo após, adicionou-se 1 mL de água destilada. A leitura foi feita em um espectrofotômetro Spectrum SP-2000 UV (Xangai, China), a 540 nm. Os açúcares redutores liberados foram quantificados pelo método de Miller (1956) usando glicose como padrão.

Uma unidade de enzima (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para produzir 1 μmol de açúcar redutor $\text{min}^{-1} \text{mg}$ proteína⁻¹.

3.7.3 Determinação do teor de proteína

A quantificação das proteínas presentes nos extratos enzimáticos foi determinada pelo método colorimétrico de Bradford, no qual se emprega o corante azul de Comassie BG-250 e a soroalbumina bovina (BSA) como padrão. As leituras de absorvância foram feitas em espectrofotômetro Spectrum SP-2000 UV (Xangai, China), a 595 nm (Bradford, 1976).

3.8 Análises físico-químicas

3.8.1 Perda de massa fresca

A porcentagem de perda de massa fresca das raízes de batata baroa foi determinada pela diferença entre a massa no tempo analisado e o tempo zero (Equação 1). As pesagens foram feitas diariamente em balança semianalítica, modelo BG 2000 (GEHAKA, São Paulo, SP), com sensibilidade de 0,01 g.

$$P = \frac{M_{(t=0)} - M_{(t=t)}}{M_{(t=0)}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

P: perda de massa fresca, %;

$M_{(t=0)}$: massa da batata baroa no tempo zero, g; e

$M_{(t=t)}$: massa da batata baroa no tempo t, g.

3.8.2 Variação de Cor (ΔE)

Para a determinação objetiva da cor foi utilizado o sistema CIE 1976, que exibe um sólido de cores definido por três coordenadas (Figura 7).

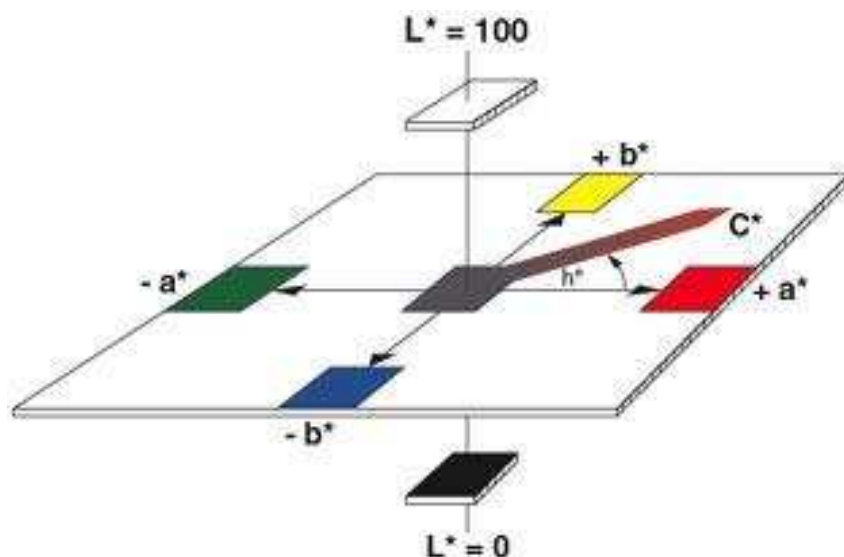


Figura 7 - Sólido de cores do sistema CIE $L^*a^*b^*$ e descrição do ângulo hue (h^*) e do índice de saturação cromática (C^*).

A leitura da cor foi feita com o auxílio de um colorímetro tristímulo Minolta (Tóquio, Japão), com leitura direta de refletância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades vermelha/verde) e b^* (tonalidades amarela/azul), empregando a escala Hunter-Lab, utilizando o iluminante $10^\circ/D60$.

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , determinados por medidas tomadas em 3 pontos distintos e externos em cada raiz, antes e depois de cada período de armazenamento, evitando áreas já lecionadas. Foi calculada a variação da cor (ΔE) da batata baroa, que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento do produto, foi calculado pela Equação 2.

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

3.8.3 Açúcares

3.8.3.1 Açúcares Solúveis Totais (AST)

Para extração dos AST, 5 g de raiz de batata baroa trituradas com o auxílio de um homogeneizador de amostras “mixer” (Walita, Varginha, MG) foram postos em um recipiente de vidro e adicionado etanol 80% a $60-70^\circ\text{C}$ em volume suficiente para cobrir a amostra e paralisar o metabolismo. O recipiente foi mantido em condições ambiente para a

diminuição da sua temperatura e, em seguida, armazenado a 4 °C até o dia da análise. Posteriormente, a mistura foi triturada no Ultra Turrax (IKA, Staufen, Alemanha) e centrifugada por 10 min, a 10.000 g, em centrífuga 206 (Fanem, Guarulhos, SP). Foi feita a filtração em papel filtro, sendo os sobrenadantes recolhidos em provetas. Após repetir o processo de centrifugação e filtração por 3 vezes, o volume de extrato alcoólico resultante do processo foi completado para 25 mL com etanol 80% (v/v). O extrato alcoólico foi armazenado a 4 °C para posterior quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

Para a quantificação do AST seguiu-se o método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956). Primeiramente, foram feitas diluições de 12,5 vezes (400 µL do extrato alcoólico e 4.600 µL água deionizada). Uma alíquota de 50 µL do extrato diluído foi transferida para tubo de ensaio com rosca. A esta alíquota foram adicionados 200 µL de água deionizada e 250 µL de fenol 5%. Os tubos foram homogeneizados em um agitador magnético AP56 (Phoenix, Araraquara, SP), em seguida, foi adicionado 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado, agitando-se novamente. Posteriormente, os tubos permaneceram em banho-maria ultratermostático NT 281 (Nova técnica, Piracicaba, SP), a 30 °C, durante 20 min. As leituras foram feitas em espectrofotômetro SHIMADZU UV-1601 (Quioto, Japão), no comprimento de onda de 490 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose 1%. O teor de açúcares solúveis totais foi expresso em % AST.

3.8.3.2 Açúcares Redutores e Não Redutores (AR e ANR)

Foram utilizadas as mesmas amostras do extrato alcoólico usado para quantificação de açúcares solúveis totais.

A quantificação de açúcares redutores foi feita pela técnica de Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Foram feitas diluições de 10 vezes (10 µL do extrato alcoólico, completando-se o volume com água deionizada para 1 mL), e uma alíquota de 20 µL foi retirada e transferida para um tubo de ensaio com rosca, no qual foram adicionados 200 µL do reagente de Nelson (8,0 mL do reagente de Nelson 1 e 2,0 mL do reagente de Nelson 2). Os tubos foram agitados e fervidos por 15 min. Após o resfriamento em banho de gelo, foram adicionados 200 µL da solução arsenomolibdica, com posterior homogeneização em agitador magnético AP56 (Phoenix, Araraquara, SP). Foram adicionados, em seguida, 600 µL de água deionizada, e uma nova agitação foi feita. As leituras foram feitas no espectrofotômetro SHIMADZU UV-1601 (Quioto, Japão) no comprimento de onda 540 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose 1%. O teor de açúcares redutores foi expresso em % AR.

Os açúcares não redutores foram estimados, subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais, tendo sido expressos em % ANR.

3.8.4 Teor de amido

Para a extração do amido, foi utilizado o resíduo presente no filtro de papel resultante da extração dos açúcares solúveis totais. Este resíduo foi seco a 65 °C durante 24 h e armazenado em dessecadores até o momento da sua determinação. Seguindo o método descrito por McCready et al. (1950), foram adicionados ao material seco, resultante da extração dos açúcares, 2,5 mL de água deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%, em tubos de centrífuga. Os tubos foram homogeneizados em um agitador magnético AP56 (Phoenix, Araraquara, SP) e permaneceram em repouso por 30 min. Em seguida, foram centrifugados em centrífuga 206 (Fanem, Guarulhos, SP), a 2000 g, por 15 min. O sobrenadante foi recolhido em provetas. Esse procedimento foi repetido 3 vezes. O extrato foi armazenado em geladeira até o momento da quantificação.

Antes da quantificação do amido, foi feita uma diluição de 33,3 vezes do extrato (30 µL do extrato, completando-se o volume com água deionizada para 1 mL). Em seguida, foi feita sua quantificação, seguindo o mesmo procedimento para quantificação de açúcares solúveis totais. O cálculo para o teor de amido foi feito semelhantemente ao de teor de açúcares solúveis totais, multiplicando-se o valor obtido por 0,9. O teor de amido foi expresso em % amido.

3.9 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os períodos de exposição ao ozônio e nas subparcelas os dias de armazenamento, no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. A comparação dos valores médios das análises das raízes ozonizadas ou não, foi feita pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Os dados obtidos das raízes de baroa expostas ao ozônio foram submetidos à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no R^2 , na análise de resíduo, na falta de ajuste e no fenômeno biológico. Foi feito o estudo do desdobramento da interação. Os dados de análise visual foram submetidos à estatística descritiva. Utilizou-se, para tanto, o software SAEG (SAEG, 2007).

Estimou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis pectinesterase (PME), poligalacturonase (PG), perda de massa (PM), variação de cor (ΔE), amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) nas baroas expostas ao ozônio dissolvido em água e testou-se a correlação entre essas variáveis utilizando o teste “t”.

4. RESULTADOS

Para que a concentração do gás ozônio aplicado permanecesse constante, foi necessário determinar a concentração de saturação do ozônio dissolvido em água.

A Figura 8 apresenta os dados observados e estimados da concentração de ozônio dissolvido em água em função do tempo de saturação. A concentração do ozônio na água no início do processo foi nula. Todavia, esta concentração aumentou, ao longo do período de exposição, variando de 0 a 1,61 mg L⁻¹ até 74,71 min, atingindo o ponto de estabilização em 34,66 min e concentração de 1,52 mg L⁻¹.

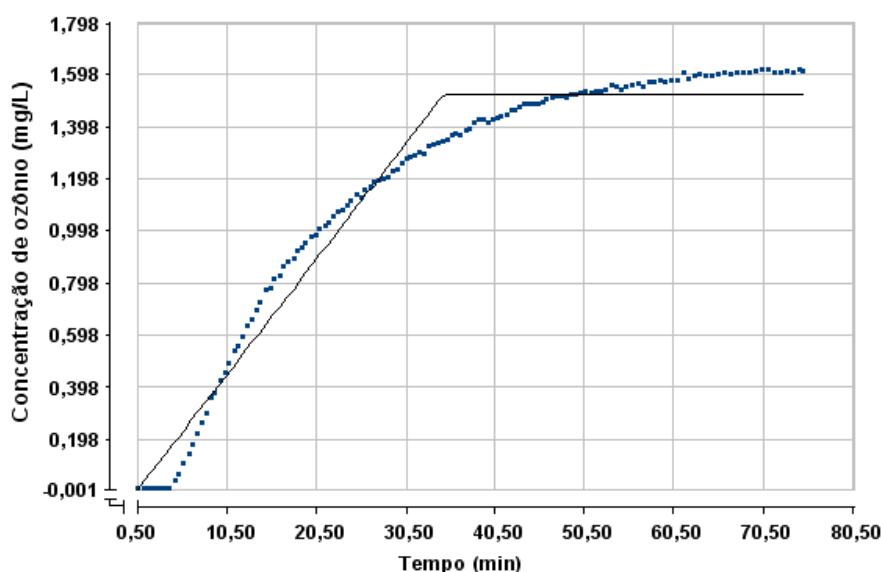


Figura 8 - Valores observados e estimados da saturação do ozônio em água em função do tempo.

A Tabela 1 mostra as equações que descrevem o comportamento da concentração de saturação do ozônio em função do período de exposição, durante o processo de saturação da água.

Tabela 1 - Equações de regressão ajustadas aos dados da concentração residual de ozônio em função do período de exposição ao gás

Equação	Intervalo	Coefficiente de Determinação (R ²)
$\hat{y} = 0,0045 - 0,0244 X_i$	$0 < X_i < 34,66$	0,96
$\hat{y} = 1,5208$	$34,66 \leq X_i \leq 74,71$	

em que x_i = período de exposição (min) e \hat{y} = concentração residual de ozônio (mg L⁻¹).

Considerando que a concentração de ozônio injetada na água foi de $8,15 \text{ mg L}^{-1}$ e que a concentração de saturação foi $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, verifica-se que houve uma redução na concentração do gás ao longo do processo de ozonização da ordem de 80%.

4.1 Eficácia do ozônio no controle de bactérias do gênero *Erwinia* nas raízes de batata baroa

4.1.1 Análise visual

A Figura 9 apresenta o aspecto visual das raízes não ozonizadas em comparação às expostas ao ozônio dissolvido na água, na concentração de $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, ao longo do período de armazenamento ($23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$).

O tratamento de frutas e hortaliças com ozônio tem aumentado a vida de prateleira desses produtos (Silva et al., 2011), porém as raízes de batata baroa ozonizadas não apresentaram diferenças visuais em relação aos seus respectivos controles, independentemente do tratamento aplicado. Também não houve diferença visual entre os diferentes tratamentos com ozônio.

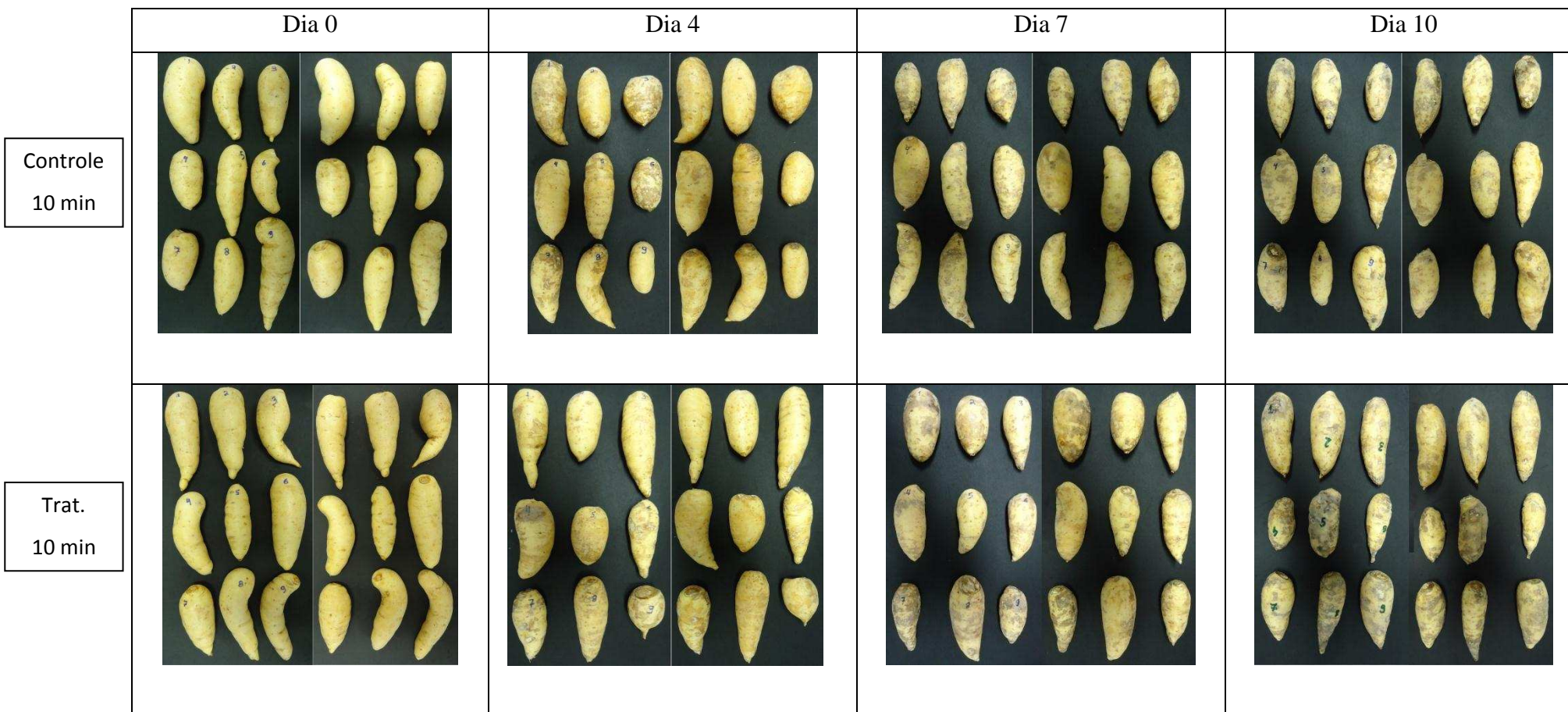


Figura 9 - Aspecto visual das raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido na água, na concentração de saturação $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos de 10, 20, 30 e 90 min, ao longo do período de armazenamento a $23 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$.

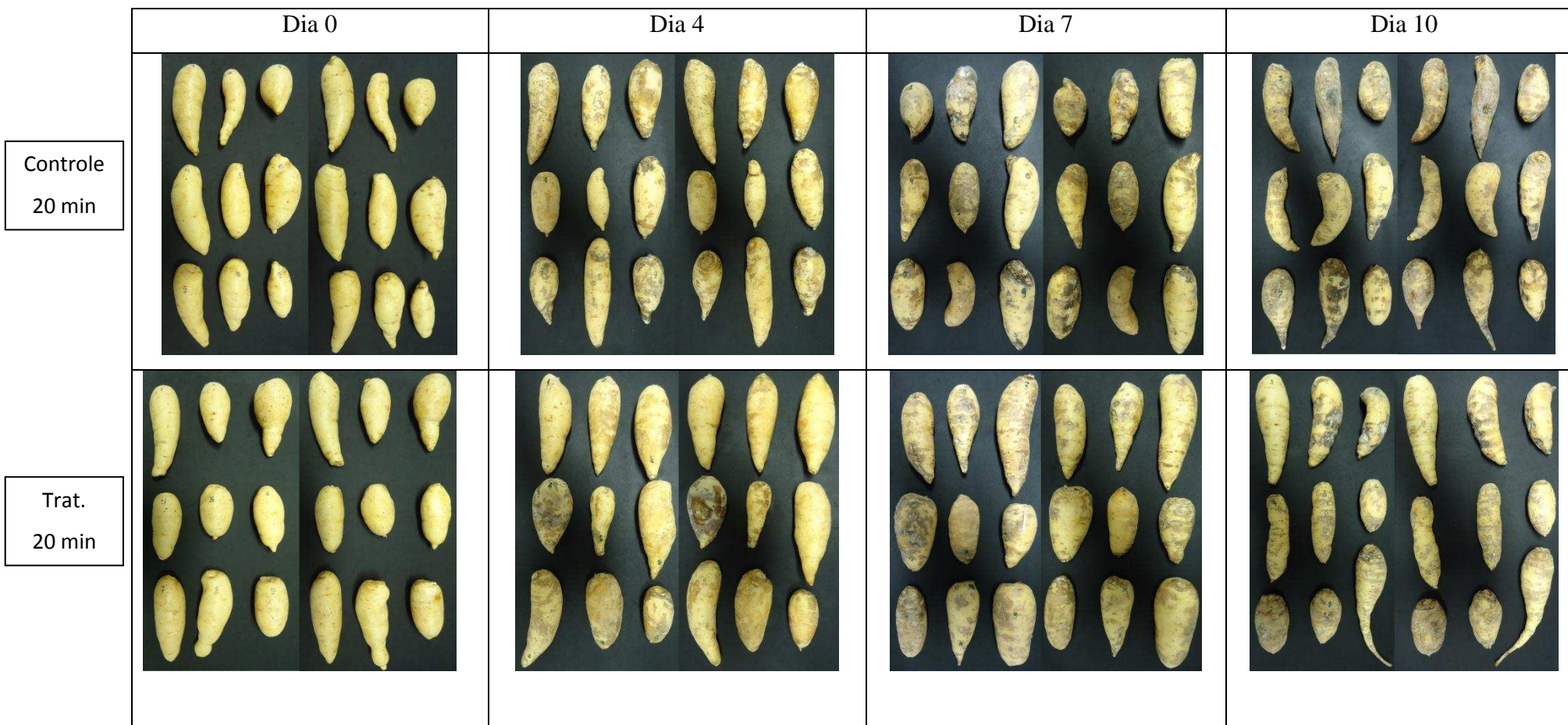


Figura 9 - Aspecto visual das raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido na água, na concentração de saturação $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos de 10, 20, 30 e 90 min, ao longo do período de armazenamento a $23 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$ (continuação).

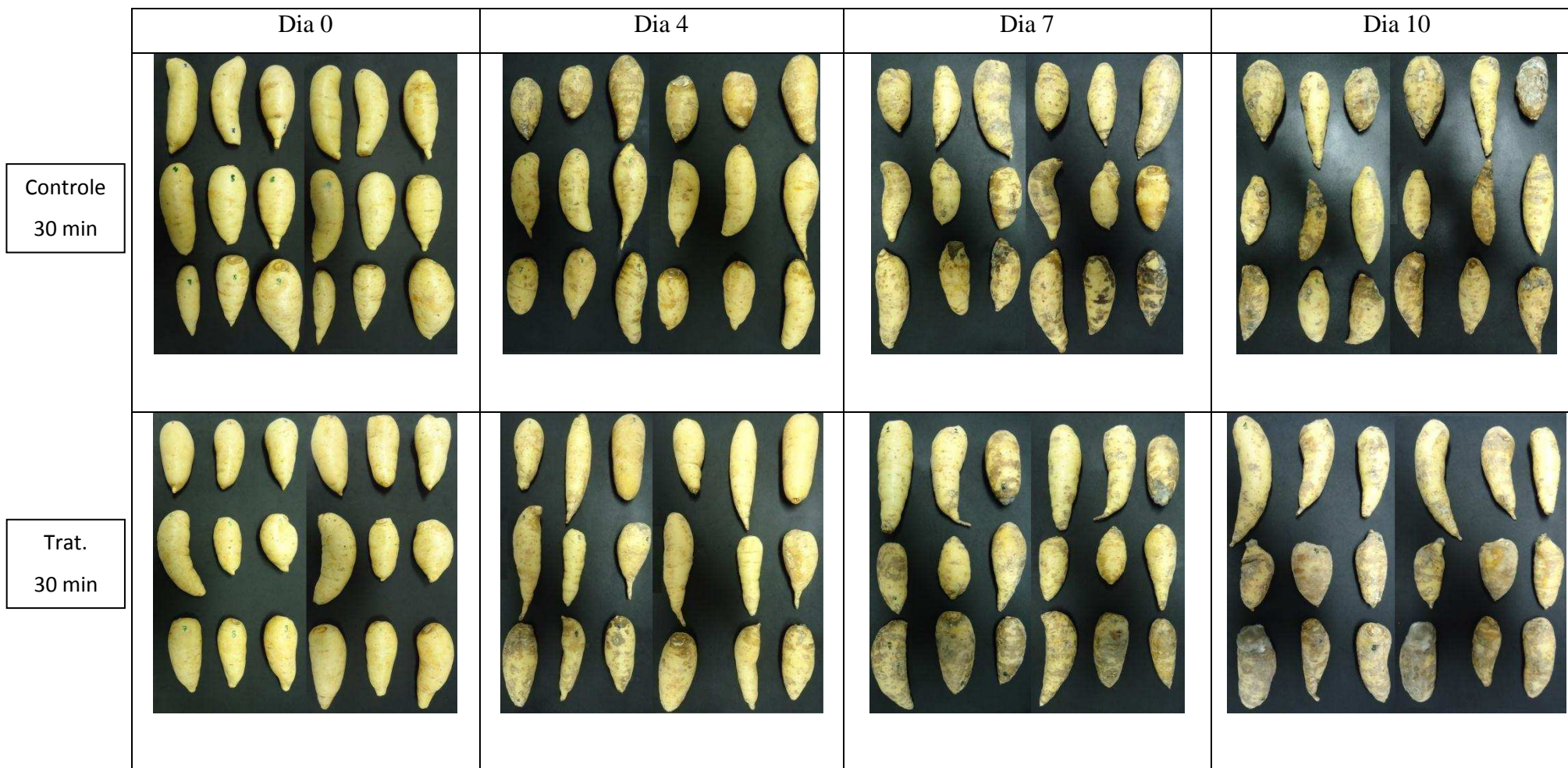


Figura 9 - Aspecto visual das raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido na água, na concentração de saturação $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos de 10, 20, 30 e 90 min, ao longo do período de armazenamento a $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$ (continuação).

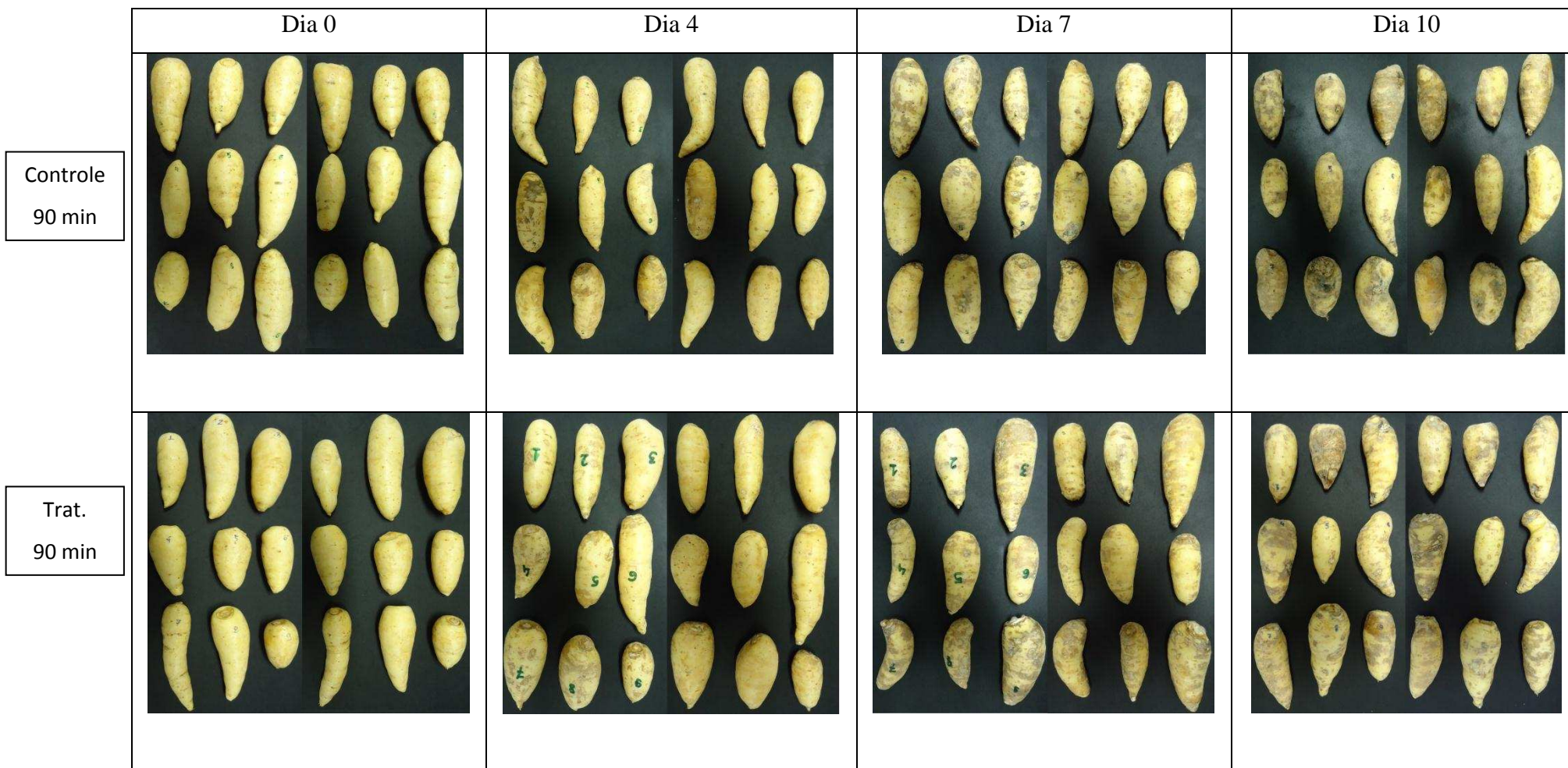


Figura 9 - Aspecto visual das raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido na água, na concentração de saturação $1,52 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos de 10, 20, 30 e 90 min, ao longo do período de armazenamento a $23 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$ (continuação).

4.1.2 Atividade de enzimas pectinolíticas

4.1.2.1 Pectinametilesterase (PME)

Os valores médios da atividade específica de enzimas PME nos extratos de raízes de baroa ao longo do armazenamento são apresentados na Tabela 2. A atividade específica de PME em raízes tratadas com ozônio dissolvido na água variou significativamente ($p < 0,05$) nos tratamentos de 30 e 90 min em relação aos seus respectivos controles. Nos tratamentos de 30 min, o controle apresentou média maior (114,05 U mg⁻¹) em relação às raízes de baroas expostas ao ozônio (50,54 U mg⁻¹), enquanto nos tratamentos de 90 min, o controle apresentou média menor (88,29 U mg⁻¹) do que as baroas expostas ao ozônio (138,33 U mg⁻¹).

As equações de regressão ajustadas para atividade específica de PME em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio dissolvido em água, e seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 3 e as referentes curvas de estimativa da atividade específica de PME na figura 10A. Nos tempos de exposição 10 e 30 min o modelo ajustado foi o de raiz quadrada ($p < 0,05$ e $p < 0,01$ respectivamente). O tempo de 10 min não atingiu o ponto de máximo que seria aos 17,67 dias e o de 30 min atingiu em 3,50 dias de armazenamento. Nos tempos de 20 e 90 min de exposição ao ozônio não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PME, sendo os valores $\hat{y} = 53,38$ U mg⁻¹ e $\hat{y} = 138,33$ U mg⁻¹ respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para atividade específica de PME em função do tempo de exposição ao ozônio dissolvido em água, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2). As referentes curvas de estimativa da atividade específica de PME são apresentadas na Figura 10B. Verifica-se que houve efeito linear significativo para os dias 0, 4 e 7 ($p < 0,05$, $p < 0,10$ e $p < 0,01$ respectivamente). Com o aumento do tempo de exposição houve aumento na atividade específica de PME para todos esses dias, verificando que o maior acréscimo foi no dia 0. Para os dias 1 e 10 não houve efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PME, apresentando valores de $\hat{y} = 62,96$ U mg⁻¹ e $\hat{y} = 42,67$ U mg⁻¹ respectivamente.

Tabela 2 - Valores médios da atividade Específica da pectinametilesterase (PME) ($U\ mg^{-1}$) no extrato de raízes de batata baroa nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a $23\pm 2\ ^\circ C$ e UR de $85\pm 5\%$.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	52,10	21,30	25,61	29,92	91,52	44,09 a
Ozônio 10'	10,40	21,58	24,63	27,68	31,19	23,09 a
Controle 20'	56,59	43,49	31,01	18,56	60,50	42,02 a
Ozônio 20'	41,19	96,52	57,51	18,49	53,20	53,38 a
Controle 30'	233,70	97,10	89,03	80,97	69,47	114,05 a
Ozônio 30'	12,32	62,58	66,23	69,89	41,66	50,54 b
Controle 90'	73,92	67,64	107,51	147,39	45,00	88,29 b
Ozônio 90'	212,52	71,14	144,81	218,49	44,70	138,33 a

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste “t”, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para atividade específica de Pectinametilesterase (PME), em função do Período de Armazenamento (Dias) para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada	R^2
PME	10	$\hat{y} = 11,1120 - 1,15091^{ns} X + 9,6767^* X^{1/2}$	0,9693
	20	$\hat{y} = 53,38$	-
	30	$\hat{y} = 12,8085 - 17,2398^{**} X + 64,4773^{**} X^{1/2}$	0,9531
	90	$\hat{y} = 138,33$	-

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

^{ns} Não significativo pelo teste pelo teste “t”

Tabela 4 - Equações de regressão ajustadas para atividade específica de Pectinametilsterase (PME), em função Tempo de Exposição (min) para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
PME	0	$\hat{y} = -28,2294 + 2,59567^* X$	0,9318
	1	$\hat{y} = 62,96$	-
	4	$\hat{y} = 20,8236 + 1,39929^{\circ} X$	0,9749
	7	$\hat{y} = -11,7981 + 2,54491^{**} X$	0,9747
	10	$\hat{y} = 42,67$	-

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

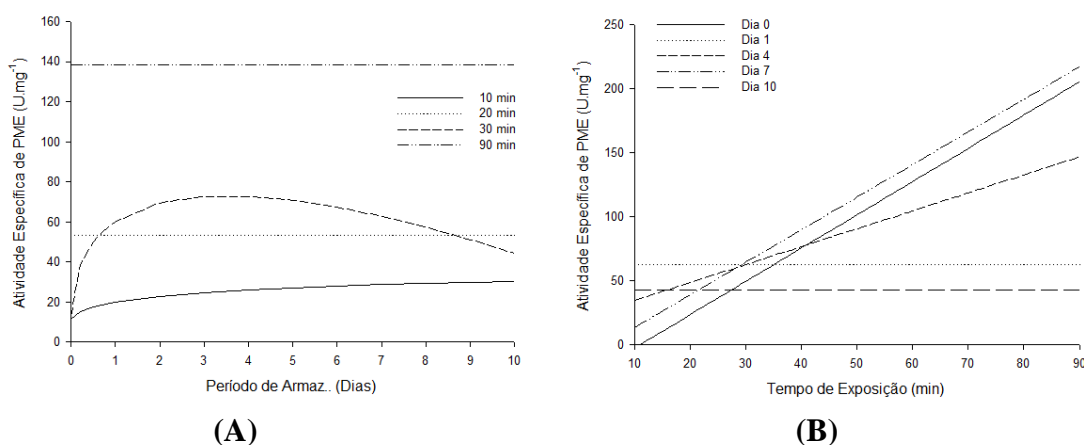


Figura 10 - Estimativa da atividade Específica de Pectinametilsterase (PME) ($U\ mg^{-1}$), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.1.2.2 Poligalacturonase (PG)

No que se refere aos valores médios da atividade específica de enzimas PG nos extratos de raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento, apenas o tratamento de 90 min apresentou variação significativa a 5% de probabilidade entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água. As raízes tratadas com ozônio por 90 min apresentaram menor atividade ($27,49\ U\ mg^{-1}$) em relação ao tratamento controle ($41,22\ U\ mg^{-1}$) (Tabela 5).

As equações de regressão ajustadas para atividade específica de PG em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio dissolvido

em água e seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 6 e as referentes curvas da estimativa de atividade específica de PG na figura 11A. Verifica-se que houve efeito linear significativo para os tempos de exposição de 10 e 30 min ($p < 0,10$ e $p < 0,05$ respectivamente). Com o incremento do período de armazenamento houve elevação na atividade específica de PG para o tempo de exposição de 10 min e decréscimo para o tempo de 30 min. Para o tempo de 20 min o modelo ajustado foi o de raiz quadrada ($p < 0,05$), atingindo o ponto mínimo aos 3,17 dias. No tempo de 90 min não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PG, sendo o valor $\hat{y} = 27,49 \text{ U mg}^{-1}$.

Na Tabela 7 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para atividade específica de PG em função do tempo de exposição ao ozônio dissolvido em água, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2). As curvas referentes à estimativa de atividade específica de PG são apresentadas na figura 11B. Verifica-se que houve efeito linear significativo nos dias 1 e 4 ($p < 0,10$ e $p < 0,15$ respectivamente). Com o aumento do tempo de exposição houve aumento na atividade específica de PG para o dia 1 e decréscimo para o dia 4. O dia apresentou efeito quadrático significativo ($p < 0,05$) e atingiu o ponto máximo aos 46,17 min e o dia 10 apresentou efeito raiz quadrada significativo ($p < 0,10$), e atingiu o ponto mínimo aos 70,38 min. No dia 7 não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PG, sendo o valor $\hat{y} = 28,94 \text{ U mg}^{-1}$.

Tabela 5- Valores médios da atividade Específica da Poligalacturonase (PG) ($U\ mg^{-1}$) no extrato de raízes de batata baroa nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a $23\pm 2\ ^\circ C$ e UR de $85\pm 5\%$.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média do Trat.
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	40,06	18,62	65,80	62,92	43,58	46,20 a
Ozônio 10'	37,11	28,81	45,72	39,02	49,52	40,04 a
Controle 20'	33,25	32,19	34,50	34,09	36,08	34,02 a
Ozônio 20'	39,52	33,92	27,37	26,10	26,36	30,65 a
Controle 30'	40,91	26,57	33,41	43,42	44,68	37,80 a
Ozônio 30'	40,86	35,96	37,15	29,56	29,48	34,60 a
Controle 90'	59,33	48,32	34,65	36,63	27,18	41,22 a
Ozônio 90'	35,16	39,32	21,79	21,09	20,11	27,49 b

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste “t”, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 6 - Equações de regressão ajustadas para atividade específica de Poligalacturonase (PG), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada	R^2
PG	10	$\hat{y} = 33,7275 + 1,43381^\circ X$	0,5517
	20	$\hat{y} = 39,2048 + 4,5220^* X - 16,0986^* X^{1/2}$	0,9100
	30	$\hat{y} = 39,3733 - 1,08391^* X$	0,8190
	90	$\hat{y} = 27,49$	-

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

Tabela 7 - Equações de regressão ajustadas para atividade específica de Poligalacturonase (PG), em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
PG	0	$\hat{y} = 34,2143 + 0,330704 X^* - 0,00355807^* X^2$	0,9989
	1	$\hat{y} = 27,3801 + 0,139554^{\circ} X$	0,6879
	4	$\hat{y} = 41,4345 - 0,224696^{\#} X$	0,5817
	7	$\hat{y} = 28,94$	-
	10	$\hat{y} = 96,2034 + 1,0987 X^{\circ} - 18,4347^{\circ} X^{1/2}$	0,9705

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

Significativo a 15% de probabilidade pelo teste “t”

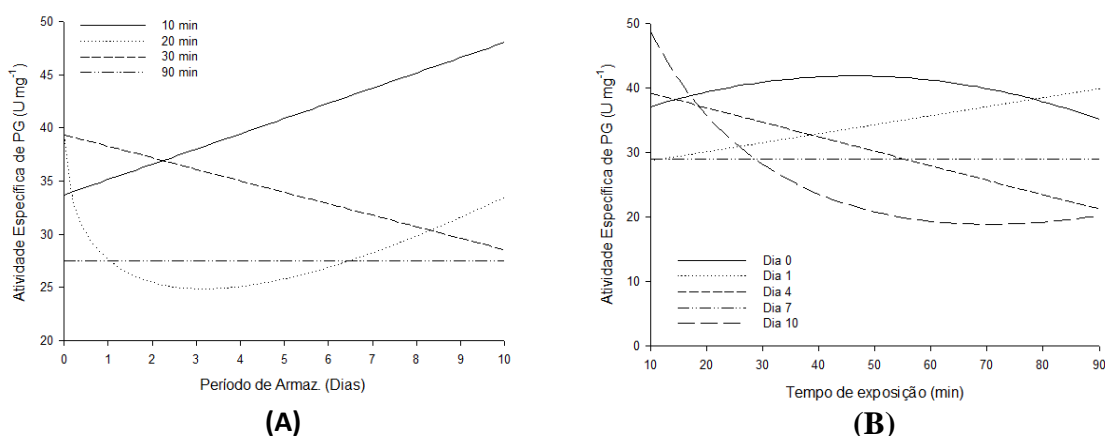


Figura 11 - Estimativa da atividade Específica de Poligalacturonase (PG) ($U\ mg^{-1}$), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.2 Efeito do ozônio nas características físico-químicas da batata baroa

4.2.1 Perda de massa

A perda de massa das raízes de batata baroa armazenadas, não apresentou variação significativa a 5% ao longo do armazenamento entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 8).

De acordo com a análise de regressão feita com os dados obtidos dos tratamentos de baroas expostas ao ozônio ajustou-se a equação para perda de massa e plotou-se o

gráfico de superfície de resposta da estimativa da perda de massa (%) em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) apresentado na figura 12.

Na Figura 12A, encontram-se o gráfico e a equação ajustada para a perda de massa (%) nas batatas baroas expostas ao ozônio dissolvido em água. Verifica-se que houve efeito linear significativo tanto para o período de armazenamento quanto para o tempo de exposição ($p < 0,01$ e $p < 0,10$, respectivamente). A perda de massa decresceu com o aumento do tempo de exposição e aumentou com o aumento do período de armazenamento. Mantendo o período de armazenamento constante, a cada um minuto de variação no tempo de exposição houve um decréscimo em média de 0,0151 (%) na perda de massa; e, mantendo constante o tempo de exposição, a cada um dia de variação no período de armazenamento houve em média um acréscimo de 2,3845% na perda de massa.

A Figura 12B mostra a perda de massa em função do período de armazenamento, fixando-se os tempos de exposição; e a Figura 12C, a perda de massa em função do tempo de exposição, fixando-se os dias de armazenamento. Em média, a maior perda de massa ocorreu na combinação do tempo de exposição de 10 min com o dia 10 do período de armazenamento, enquanto a menor perda de massa foi na combinação do dia 1 do período de armazenamento com o tempo de exposição de 90 min.

Tabela 8 - Valores médios de perda de massa fresca (%) de raízes de batata baroa nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 23 ± 2 °C e UR de $85 \pm 5\%$.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)										Média	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Controle 10'	3,31	4,85	6,61	8,11	10,91	15,00	19,05	19,77	26,68	16,91	13,12	a
Ozônio 10'	5,22	6,68	7,97	9,37	10,70	16,08	16,47	20,97	21,59	23,40	13,84	a
Controle 20'	4,16	12,77	15,45	13,02	16,63	20,56	20,65	24,77	26,11	29,94	18,41	a
Ozônio 20'	3,68	6,31	8,15	13,97	13,58	13,89	19,64	23,71	25,15	26,25	15,43	a
Controle 30'	3,49	6,34	10,06	12,79	21,57	18,25	19,43	23,78	27,94	26,86	17,05	a
Ozônio 30'	4,86	7,35	10,70	13,43	16,54	18,26	19,68	22,37	24,74	28,27	16,62	a
Controle 90'	4,01	5,59	7,45	10,68	13,62	20,95	16,28	18,01	21,58	24,31	14,25	a
Ozônio 90'	4,68	5,85	7,68	9,34	13,33	13,41	17,45	19,16	18,44	27,22	13,65	a

* Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

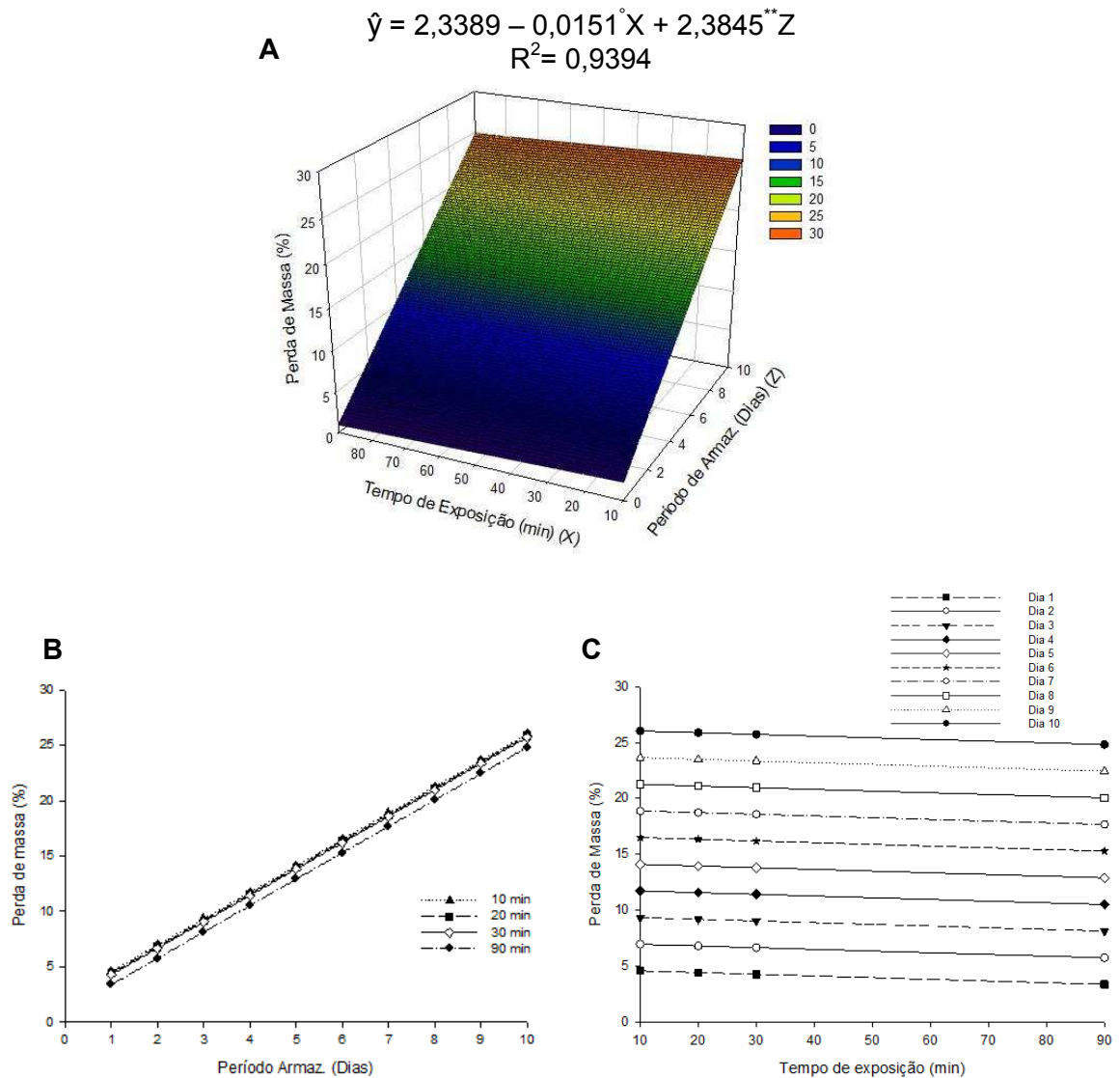


Figura 12 - Estimativa da perda de massa (%) nas raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água, em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) (A). Estimativa da Perda de massa em função do período de armazenamento, fixando-se o tempo de exposição (B), e estimativa da Perda de massa em função do tempo de exposição, fixando-se os dias (C).

4.2.2 Diferença total de cor (ΔE)

Os valores médios da variação de cor (ΔE) nas raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento, não foram significativos nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 9).

As equações de regressão ajustadas para variação de cor (ΔE) em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio dissolvido em água

e seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 10 e as referentes curvas da estimativa de ΔE na Figura 13A. O período de armazenamento não apresentou efeito significativo em nenhum dos tempos de exposição em estudo. Portanto os valores de \hat{y} foram iguais a média de cada tratamento.

Na Tabela 11 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para ΔE em função do tempo de exposição ao ozônio dissolvido em água, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2). As referentes curvas da estimativa de ΔE são apresentadas na Figura 13B. Verifica-se que houve efeito linear significativo no dia 4 nas baroas expostas ao ozônio dissolvido em água ($p < 0,01$), e com o aumento do tempo de exposição houve aumento na ΔE . Os dias 5 e 6 apresentaram efeito quadrático significativo ($p < 0,1$ e $p < 0,01$ respectivamente), os quais um atingiu o ponto máximo aos 55,11 min e o outro atingiu o ponto mínimo aos 49,10 min respectivamente. Nos demais dias não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na ΔE , sendo os valores \hat{y} iguais a média de cada tratamento.

Tabela 9 - Valores médios da variação de cor (ΔE) de raízes de batata baroa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do período de armazenamento a 23 ± 2 °C e UR de $85 \pm 5\%$.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)										Média	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Controle 10'	4,79	7,15	2,72	4,51	6,41	7,29	3,65	3,63	2,80	4,89	4,78	a
Ozônio 10'	4,13	9,19	4,00	3,04	5,19	7,66	5,75	5,10	4,18	6,14	5,44	a
Controle 20'	1,98	6,53	4,23	4,57	7,87	8,77	2,84	2,36	2,76	8,62	5,05	a
Ozônio 20'	5,91	8,13	2,65	3,55	6,13	7,25	5,39	2,22	7,11	8,13	5,65	a
Controle 30'	1,24	8,43	5,81	3,69	6,30	9,06	5,67	4,44	4,21	9,04	5,79	a
Ozônio 30'	1,94	7,44	4,27	3,41	8,75	6,96	2,82	5,59	2,88	32,74	7,68	a
Controle 90'	1,43	5,87	2,74	6,32	7,20	8,01	3,67	4,83	2,25	8,61	5,09	a
Ozônio 90'	1,10	9,04	2,38	6,45	6,87	7,75	2,56	6,55	2,82	33,10	7,86	a

* Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 10 - Equações de regressão ajustadas para Variação de cor (ΔE), em função do Período de Armazenamento (Dias) para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada
ΔE	10	$\hat{y} = 5,440$
	20	$\hat{y} = 5,650$
	30	$\hat{y} = 7,680$
	90	$\hat{y} = 7,860$

Tabela 11 - Equações de regressão ajustadas para Variação de cor (ΔE), em função Tempo de Exposição (min) para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
ΔE	1	$\hat{y} = 3,27$	-
	2	$\hat{y} = 8,45$	-
	3	$\hat{y} = 3,33$	-
	4	$\hat{y} = 2,49575 + 0,0431806^{**} X$	0,9726
	5	$\hat{y} = 2,40041 + 0,271812^{\#} X - 0,00246604^{\#} X^2$	0,8844
	6	$\hat{y} = 8,19716 - 0,0593783^{**} X + 0,000604686^{**} X^2$	0,9999
	7	$\hat{y} = 4,13$	-
	8	$\hat{y} = 4,87$	-
	9	$\hat{y} = 4,25$	-
	10	$\hat{y} = 20,03$	-

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

Significativo a 15% de probabilidade pelo teste “t”

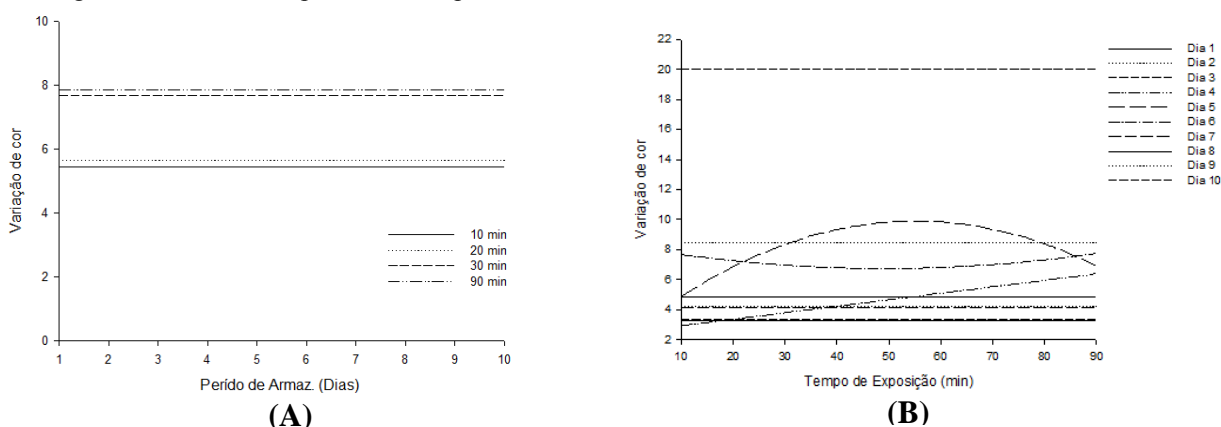


Figura 13 - Estimativa Variação de cor (ΔE), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.2.3 Teor de amido

No que se refere do teor de amido (%) nas raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento, não houve variação significativa nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 12).

As equações de regressão ajustadas para amido em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio e seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 13 e as referentes curvas da estimativa de amido na Figura 14A. Verifica-se que houve efeito quadrático significativo para o tempo de exposição de 10 min ($p < 0,15$), que atingiu o máximo em 2,10 dias. Para os demais períodos de exposição não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento, sendo os valores \hat{y} de cada tempo de exposição igual à respectiva média.

Na Tabela 14 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para amido em função do tempo de exposição, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2). As referentes curvas de estimativa da atividade específica de PG são apresentadas na Figura 14B. Verifica-se que houve efeito quadrático significativo para o dia 7 ($p < 0,10$), o qual apresentou mínimo em 41,95 min de exposição. Para os demais períodos de exposição não foi verificado efeito significativo do tempo de exposição, sendo os valores \hat{y} de cada período de armazenamento igual a respectiva média.

Tabela 12 - Valores médios do teor de amido (%) de raízes de batata baroa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 23 ± 2 °C e UR de 85 ± 5 %.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,45	1,18	1,28	0,51	0,73	0,83 a
Ozônio 10'	0,78	1,18	1,15	0,69	0,82	0,92 a
Controle 20'	0,51	1,12	1,24	0,94	0,97	0,95 a
Ozônio 20'	0,35	0,99	0,66	0,61	1,23	0,77 a
Controle 30'	0,67	0,97	0,82	0,77	1,38	0,92 a
Ozônio 30'	0,84	1,05	0,70	0,46	0,70	0,75 a
Controle 90'	0,59	1,26	0,67	0,71	1,01	0,85 a
Ozônio 90'	0,90	1,18	0,64	1,04	0,77	0,90 a

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 13 - Equações de regressão ajustadas para Amido, em função do Período de Armazenamento (Dias) para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada	R^2
Amido	10	$\hat{y} = 0,815468 - 0,151183^{\#} X + 0,437991^{\#} X^{1/2}$	0,6134
	20	$\hat{y} = 0,7684$	-
	30	$\hat{y} = 0,7519$	-
	90	$\hat{y} = 0,9052$	-

[#] Significativo a 15% de probabilidade pelo teste “t”

Tabela 14 - Equações de regressão ajustadas para Amido, em função Tempo de Exposição (min) para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
Amido	0	$\hat{y} = 0,7198$	-
	1	$\hat{y} = 1,0981$	-
	4	$\hat{y} = 0,7888$	-
	7	$\hat{y} = 0,896214 - 0,0215843^{\circ} X + 0,000257271^{\circ} X^2$	0,9868
	10	$\hat{y} = 0,8797$	-

^o Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

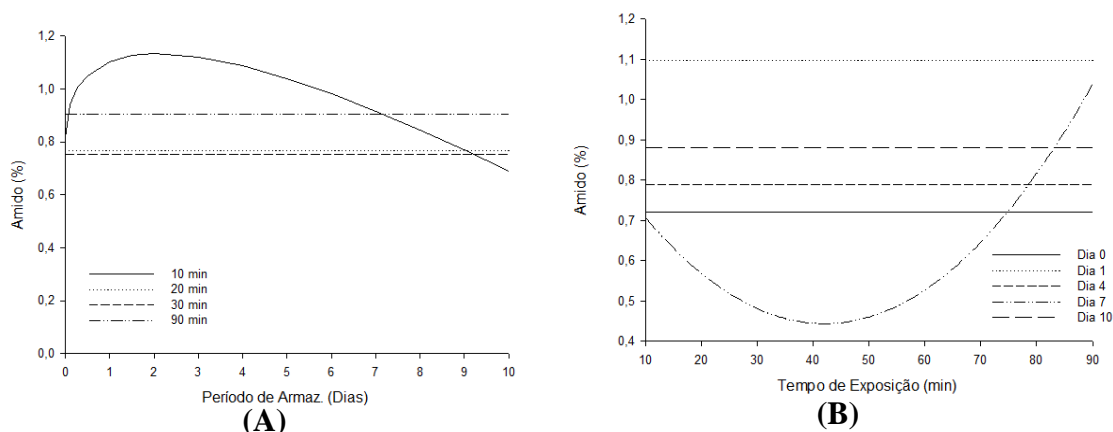


Figura 14 - Estimativa de Amido (%) em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.2.4 Açúcares Solúveis Totais (AST)

O teor de Açúcares Solúveis Totais (AST) (%) nas raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento não apresentou variação significativa nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 15).

As equações de regressão ajustadas para AST em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio e seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 16 e as referentes curvas de estimativa de AST na Figura 15A. Verifica-se que houve efeito linear significativo para os tempos de exposição de 10 e 20 min ($p < 0,05$ e $p < 0,10$ respectivamente). Com o incremento do período de armazenamento houve elevação no teor de AST. O tempo de 30 min apresentou efeito quadrático significativo ($p < 0,15$), e atingiu o ponto máximo aos 5,75 dias. No tempo de 90 min não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento no AST, sendo o valor $\hat{y} = 0,89\%$.

Na Tabela 17 são apresentadas as equações de regressão ajustadas AST em função do tempo de exposição ao ozônio dissolvido em água, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2) e as referentes curvas de estimativa de AST são apresentadas na Figura 15B. Verifica-se que houve efeito linear significativo para o dia 1 ($p < 0,05$). Com o aumento do tempo de exposição houve aumento de AST. Os dias 0, 7 e 10 apresentaram efeito quadrático significativo ($p < 0,15$, 0,10 e $p < 0,05$ respectivamente), os dias 7 e 10 atingiram pontos mínimos aos 31,35 min e 58,90 min respectivamente e o dia 0 atingiu o ponto máximo aos 44,02 min. No dia 4 não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PG, sendo o valor $\hat{y} = 0,8042\%$.

Tabela 15 - Valores médios do teor de Açúcares Solúveis Totais (AST) (%) de raízes de batata baroa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,51	0,49	0,95	0,77	1,05	0,75 a
Ozônio 10'	0,54	0,47	0,76	0,96	1,24	0,79 a
Controle 20'	0,56	0,47	1,19	0,97	0,79	0,80 a
Ozônio 20'	0,70	0,57	0,67	0,95	0,88	0,75 a
Controle 30'	0,79	0,61	0,84	1,13	1,18	0,91 a
Ozônio 30'	0,67	0,51	0,94	0,89	0,71	0,74 a
Controle 90'	0,58	0,87	0,78	1,17	0,94	0,87 a
Ozônio 90'	0,61	0,87	0,84	1,39	0,73	0,89 a

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 16 - Equações de regressão ajustadas para Açúcares Solúveis Totais (AST) (%), em função do Período de Armazenamento (Dias) para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada	R^2
AST	10	$\hat{y} = 0,469664 + 0,0739549^{**} X$	0,9701
	20	$\hat{y} = 0,619630 + 0,0308086^* X$	0,6706
	30	$\hat{y} = 0,561142 + 0,121693^{\#} X - 0,0105774^{\#} X^2$	0,6471
	90	$\hat{y} = 0,8893$	-

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Significativo a 15% de probabilidade pelo teste "t"

Tabela 17 - Equações de regressão ajustadas para Açúcares Solúveis Totais (AST) (%), em função Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
AST	0	$0,125168 - 0,0135216^{\#}X + 0,179441^{\#} X^{1/2}$	0,7984
	1	$0,423408 + 0,00484336^* X$	0,9345
	4	0,8042	-
	7	$1,04458 - 0,00879130^{\#} X + 0,000140201^{\circ} X^2$	0,9948
	10	$1,58729 - 0,0400867^* X + 0,000340287^* X^2$	0,9881

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

Significativo a 15% de probabilidade pelo teste “t”

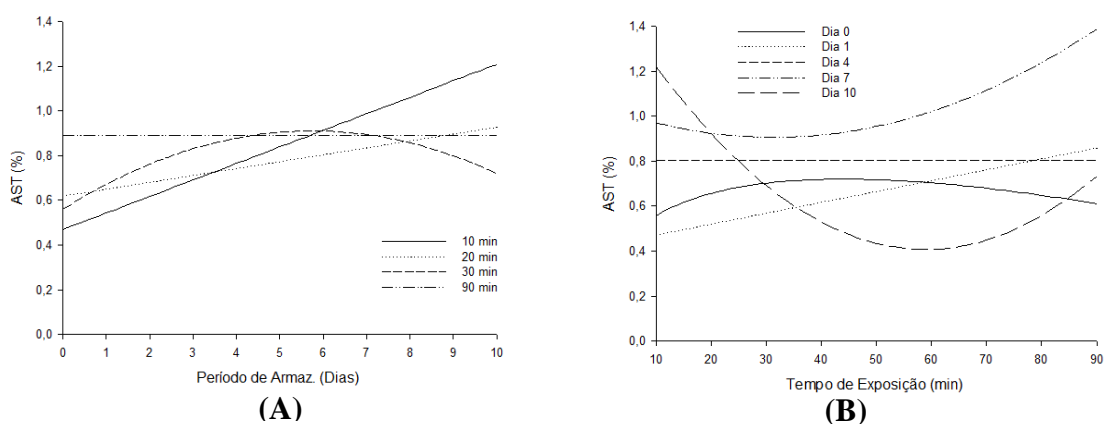


Figura 15 - Estimativa de Açúcares Solúveis Totais (AST), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.2.5 Açúcares redutores (AR)

O teor de Açúcares Redutores (AR) (%) nas raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento, não apresentou variação significativa nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 18).

De acordo com a análise de regressão feita com os dados obtidos dos tratamentos com baroas expostas ao ozônio, ajustou-se a equação para AR e plotou-se o gráfico de superfície de resposta da estimativa de AR (%) em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) apresentado na Figura 16.

Na Figura 16A, encontram-se o gráfico e a equação ajustada para o teor de AR (%) nas batatas baroa expostas ao ozônio dissolvido em água, em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z). Assim, verificou-se efeito quadrático significativo tanto para tempo de exposição, quanto para período de armazenamento ($p < 0,15$ e $P < 0,01$ respectivamente).

A Figura 16B apresenta o teor de AR em função do período de armazenamento, fixando-se os tempos de exposição; e a Figura 15C, o teor de AR em função do tempo de exposição, fixando-se os dias de armazenamento. O teor de AR nas raízes de batata baroa aumentou para todos os tempos de exposição até atingir o ponto máximo em 5,29 dias e um ponto mínimo em 42,16 min para todo o período de armazenamento.

Substituindo-se os valores de cada tempo de exposição e os respectivos dias de armazenamento na equação de regressão ajustada para AR, nas condições estudadas, em média, o maior teor de AR ocorreu na combinação do tempo de exposição de 90 min com o dia 4 do período de armazenamento (1,00%), enquanto o menor teor de AR, na combinação do dia 0 do período de armazenamento com o tempo de exposição de 30 min (0,38%).

As condições ótimas para AR foram obtidas derivando-se as equações para determinar o ponto crítico. Conforme pode ser observado, a condição para se obter o mínimo de AR é aos 5,29 dias de armazenamento para um tratamento com período de exposição de 42,16 min (Figura 16B e 16C).

Tabela 18 - Teor de Açúcares Redutores (AR) (%) de raízes de batata baroa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 23 ± 2 °C e UR de $85\pm 5\%$.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,35	0,61	0,64	1,00	0,76	0,67 a
Ozônio 10'	0,47	0,61	0,83	0,86	0,67	0,69 a
Controle 20'	0,37	0,59	0,87	0,70	0,75	0,66 a
Ozônio 20'	0,32	0,54	1,12	0,65	0,39	0,61 a
Controle 30'	0,44	0,54	1,08	0,97	0,47	0,70 a
Ozônio 30'	0,49	0,56	1,06	0,56	0,40	0,62 a
Controle 90'	0,41	0,64	1,28	0,69	0,56	0,71 a
Ozônio 90'	0,52	0,61	0,98	0,93	0,90	0,79 a

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

$$\hat{y} = 0,5246 - 0,007357 X + 0,000087160 X^2 + 0,1744 Z - 0,01648 Z^2$$

$$R^2 = 0,6653$$

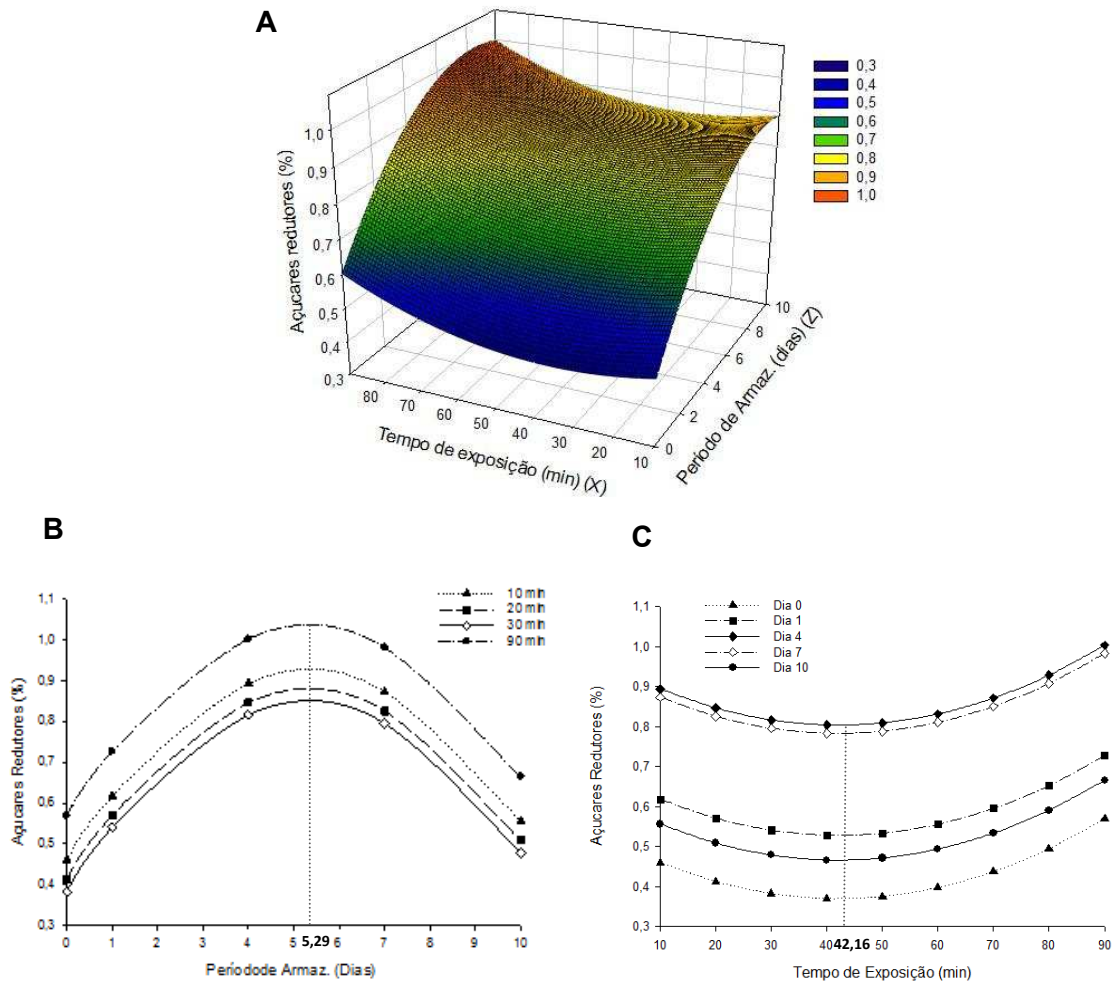


Figura 16 - Estimativa do teor de Açúcares Redutores (ΔR) (%) nas raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água, em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) (A). Estimativa do teor de ΔR em função do período de armazenamento, fixando-se o tempo de exposição (B), e estimativa do teor de AR em função do tempo de exposição, fixando-se os dias (C).

4.2.6 Açúcares não redutores

O teor de Açúcares Não Redutores (ANR) (%) nas raízes de baroa, ao longo do período de armazenamento, não apresentou variação significativa nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes de batata baroa expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabela 19).

As equações de regressão ajustadas para ANR em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio dissolvido em água e

seus coeficientes de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 20 e as referentes curvas da estimativa de ANR na Figura 17A. O período de armazenamento não apresentou efeito significativo em nenhum dos tempos de exposição em estudo. Portanto os valores de \hat{y} foram iguais a média de cada tratamento.

Na Tabela 21 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para ANR em função do tempo de exposição ao ozônio dissolvido em água, para os respectivos períodos de armazenamento e seus coeficientes de determinação (R^2). As referentes curvas da estimativa de atividade específica de ANR são apresentadas na Figura 17B. Verifica-se que houve efeito linear significativo no dia 1 ($p < 0,05$). Com o aumento do tempo de exposição houve aumento no teor de AST. O dia 7 apresentou efeito quadrático significativo ($p < 0,10$), e atingiu o ponto máximo aos 64,39 min. Nos demais dias não foi verificado efeito significativo do período de armazenamento na atividade específica de PG, sendo os valores de \hat{y} foram iguais a média de cada tratamento.

Tabela 19 - Teor de Açúcares Não Redutores (ANR) (%) em raízes de batata baroa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 23 ± 2 °C e UR de $85 \pm 5\%$.

Tratamento	0	1	4	7	10	Média
Controle 10'	0,15	0,00	0,31	0,11	0,29	0,17 a
Ozônio 10'	0,13	0,00	0,00	0,09	0,57	0,16 a
Controle 20'	0,20	0,00	0,33	0,38	0,28	0,24 a
Ozônio 20'	0,38	0,04	0,00	0,29	0,49	0,24 a
Controle 30'	0,35	0,10	0,00	0,17	0,71	0,27 a
Ozônio 30'	0,19	0,06	0,05	0,37	0,31	0,20 a
Controle 90'	0,18	0,27	0,00	0,48	0,39	0,26 a
Ozônio 90'	0,09	0,29	0,00	0,47	0,19	0,21 a

*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 20 - Equações de regressão ajustadas para Açúcares Não Redutores (ANR), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de Exposição (min) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Tempo de Exposição (min)	Equação ajustada
ANR	10	$\hat{y} = 0,16$
	20	$\hat{y} = 0,24$
	30	$\hat{y} = 0,20$
	90	$\hat{y} = 0,21$

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

^{NS} Não significativo pelo teste pelo teste “t”

Tabela 21 - Equações de regressão ajustadas para Açúcares Não Redutores (ANR), em função Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (dias) e coeficiente de determinação (R^2).

Variável	Período de Armazenamento (Dias)	Equação ajustada	R^2
ANR	0	$\hat{y} = 0,20$	-
	1	$\hat{y} = -0,0363077 + 0,00360593^{**} X$	0,9967
	4	$\hat{y} = 0,00$	-
	7	$\hat{y} = -0,077443 + 0,0201718^{\circ} X - 0,000155898^{\circ} X^2$	0,9830
	10	$\hat{y} = 0,39$	-

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste “t”

Significativo a 15% de probabilidade pelo teste “t”

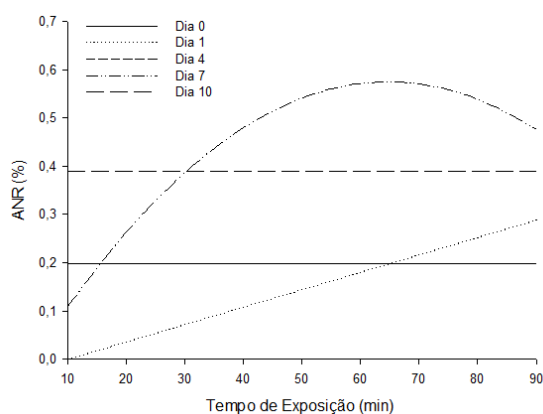
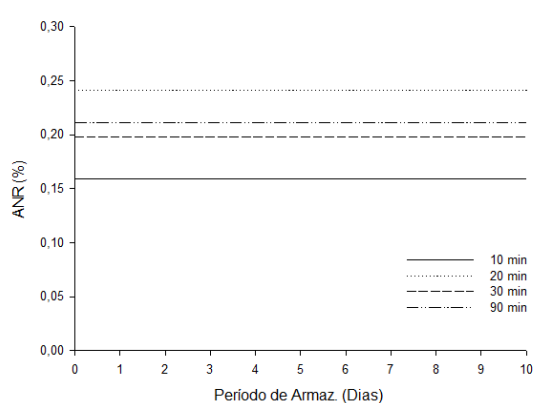


Figura 17 - Estimativa de Açúcares Não Redutores (ANR), em função do Período de Armazenamento para os respectivos Tempos de exposição (min) (A) e em função do Tempo de Exposição para os respectivos Períodos de Armazenamento (Dias) (B) para raízes de batata baroa expostas ao ozônio dissolvido em água.

4.3 Correlação

Na Tabela 22 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação das variáveis poligalacturonase (PG), pectinesterase (PME), perda de massa (PM), variação de cor (ΔE), amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) nas baroas expostas ao ozônio dissolvido em água. Observou-se correlação significativa e positiva entre PM x ΔE , PM x AST e PM x ANR e AST x ANR, ou seja, verifica-se elevação na ΔE , AST e ANR com o aumento da perda de massa e elevação no ANR com o aumento de AST. Correlação significativa e negativa entre PG x PME, ou seja, verifica-se redução na atividade específica de PME com o aumento na atividade específica de PG. Os demais coeficientes não apresentaram correlação significativa.

Tabela 22 - Estimativa dos coeficientes de correlação das variáveis poligalacturonase (PG), pectinesterase (PME), perda de massa (PM), variação de cor (ΔE), amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) nas baroas expostas ao ozônio dissolvido em água.

Variáveis	PG	PME	PM	ΔE	Amido	AST	AR	ANR
PG	1	-0,0494*	-0,0991 ^{NS}	-0,3314 ^{NS}	0,2639 ^{NS}	0,1426 ^{NS}	-0,1556 ^{NS}	0,2088 ^{NS}
PME		1	-0,1577 ^{NS}	-0,1939 ^{NS}	0,0513 ^{NS}	0,4205 ^{NS}	0,2879 ^{NS}	0,1136 ^{NS}
PM			1	0,6421**	-0,3830 ^{NS}	0,4328*	-0,1320 ^{NS}	0,6383**
ΔE				1	-0,2232 ^{NS}	-0,1626 ^{NS}	-0,1713 ^{NS}	0,1054 ^{NS}
Amido					1	-0,1710 ^{NS}	-0,3229 ^{NS}	0,0798 ^{NS}
AST						1	0,2450 ^{NS}	0,7060**
AR							1	-0,4134 ^{NS}
ANR								1

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

^{NS} Não significativo pelo teste “t”

5. DISCUSSÃO

As raízes de batata baroa ozonizadas não apresentaram diferenças visuais em relação aos seus respectivos controles, independentemente do tempo de exposição. Também não houve diferença visual entre os diferentes tratamentos com ozônio.

As doenças de pós-colheita são muitas vezes transmitidas de uma raiz para a outra a partir de um foco de infecção ou da contaminação de caixas no armazenamento, assim os materiais tratados podem ter sido recontaminados durante o manuseio nas análises diárias, uma vez que o ozônio não tem efeito residual, e tanto as baroas ozonizadas, quanto as não ozonizadas (controle) foram armazenadas em uma mesma câmara climatizada (Figura 6). Uma alternativa para solucionar esse possível problema seria o tratamento do produto combinado com embalagens isolantes para evitar possíveis recontaminações do produto tratado.

A eficácia do ozônio aplicado em solução aquosa para redução da carga microbiana em frutas e hortaliças é dependente da combinação microrganismo/alimento (Alexandre et al., 2011). A presença de substâncias orgânicas pode competir com os micro-organismos pela interação com o ozônio. Neste contexto o contato das baroas com a água ozonizada pode ter causado menor solubilização do ozônio, diminuindo seu efeito nos tratamentos. Kim (1998) verificou em seu trabalho sobre a solubilidade do ozônio em água que, além do pH mais elevado, a presença de matéria orgânica pode ter sido o fator que provocou uma menor solubilidade do O₃ na água de torneira, comparada à solubilização do gás em água destilada e deionizada. Por conseguinte, a solubilidade do ozônio aumenta com o aumento da pureza da água.

Kechinski et al. (2012) empregaram água ozonizada para tratamento pós-colheita de mamões, com concentrações de 2 e 4 mg L⁻¹, em combinação com tratamento hidrotérmico dos frutos e aplicação de cera de carnaúba. Concluíram que o tratamento com água ozonizada em tais concentrações, por períodos de um e dois min, não foi capaz de controlar o surgimento e desenvolvimento de antracnose. Somente em tratamentos combinados, como, por exemplo, água ozonizada e tratamento hidrotérmico, foi observada efetividade na desinfecção dos frutos.

No processo de saturação da água com o gás ozônio, houve redução, da ordem de 80%, na concentração do gás ao longo do processo de ozonização. Tais resultados se devem às características físicas da molécula do ozônio, que é uma molécula instável que sofre degradação ao entrar em contato com a água (Staehelin e Hoigné, 1985). No entanto,

como a taxa de entrada do gás no tanque é constante e maior que a taxa de degradação, o interior do tanque vai sendo saturado. Esse fato foi confirmado pelos dados de concentração do ozônio determinados em solução aquosa.

A atividade específica de PME apresentou no tempo de exposição de 30 min, menor atividade no tratamento com ozônio em relação ao seu controle. No tratamento de 90 min, as raízes expostas ao ozônio apresentaram média maior que as baroas do tratamento controle. Essa diferença se deu provavelmente pela alta atividade da enzima no dia 0 de armazenamento, atividade esta que ocorreu apenas nos controle de 30 min e no tratamento com 90 min de exposição ao ozônio.

No tratamento de 30 min houve ajuste significativo de modelo raiz quadrada, apresentando baixa atividade no dia 0, seguido de aumento da atividade, atingindo seu ponto máximo em 3,50 dias. No tratamento de 90 min não houve ajuste de modelo significativo, desta forma, o valor estimado foi igual à média do tratamento, $138,33 \text{ Umg}^{-1}$, que também foi maior que a média do seu controle.

A atividade de PME tem sido encontrada em todas as plantas superiores examinadas e também em muitas bactérias fitopatogênicas e fungos (McMillan e Pérombelon, 1995). Pagel e Heitefuss (1990) encontraram atividade da enzima em batatas não inoculadas com *Erwinia carotovora* sub sp. atroseptica (Eca) em seu estudo do perfil enzimático durante o processo de apodrecimento mole no tubérculo. Levando em consideração a similaridade dos dois vegetais, pode-se assumir que situação semelhante ocorre em raízes de batata baroa, porém, para se certificar da produção endógena de PME, mais estudos bioquímicos devem ser conduzidos com esta finalidade. Não se sabe se a PME é ativa tanto em tecidos saudáveis quanto em tecidos infectados (Chiebao, 2008).

De acordo com Lima et al. (2006), a atividade da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo do fruto e do método de extração.

Pagel e Reitefuss (1990) caracterizaram a sequência de atividade das enzimas pectinolíticas em batata após a inoculação de bactérias do gênero *Erwinia*, tendo observado que no tempo 0 h já havia atividade de PME, fato atribuído à presença de uma enzima endógena. Essa possível presença de PME endógena em raízes de batata baroa pode explicar a alta atividade inicial de PME no dia 0, seguida de queda da sua atividade, variação esta que ocorreu nos grupos controle do presente estudo. O posterior aumento da atividade pode ser atribuído à liberação da enzima exógena bacteriana ou fúngica.

D'innocenzo e Lajolo (2001) irradiaram papaia na dose de 0,5 kGy e avaliaram o efeito da irradiação gama sobre a atividade de enzimas pectinolíticas endógenas do fruto,

tendo verificado que a irradiação afetou os padrões de atividade de PG e PME e, como consequência, o amadurecimento dos frutos. Os autores propuseram que a irradiação pode ter afetado a síntese de proteínas e que a real avaliação do perfil enzimático após a irradiação é de difícil interpretação, já que a atividade de uma enzima pode influenciar a ação sequencial de outras enzimas considerando que as raízes de batata baroa apresentam a produção de PME endógena, pode-se inferir que as enzimas bacterianas podem ter tido a sua síntese comprometida pela ozonização, alterando o perfil enzimático. Isso justifica a diferença de comportamento na atividade específica dessa enzima, que ocorreu inicialmente entre raízes de batata baroa ozonizadas e seus respectivos tratamentos controle no presente estudo.

Comportamento semelhante ao apresentado no presente trabalho foi analisado por Fontes (2008), que, avaliando a atividade da PME em mamão (*Carica papaya L.*), cv. Sunrise e Tainung armazenado a 25 °C observou que a atividade da PME na cv. Sunrise foi alta no primeiro dia após colheita (DAC) e se reduziu gradativamente até ao quarto DAC, quando atingiu seu menor valor. No quinto DAC, a atividade aumentou, permanecendo praticamente inalterada até ao oitavo DAC. Na cv. Tainung, a atividade aumentou até ao terceiro DAC e decresceu no quarto DAC. No quinto DAC, sua atividade aumentou novamente, atingindo seu maior valor no sexto DAC. A partir daí, a atividade da enzima significativamente, mantendo o mesmo valor até o último dia de análise (oitavo DAC).

Rondoni et al. (2010) não detectaram imediatamente diferenças entre controle e frutos tratados após os tratamentos com ozônio gasoso ($10 \mu\text{L L}^{-1}$), porém, após 9 dias de armazenamento, os frutos tratados mostraram redução de 50% na atividade da PME em relação ao controle. Rico et al. (2006) também observaram que a atividade de PME diminuiu em tratamentos de alface com ozônio.

A PME também é produzida pelas bactérias do gênero *Erwinia* durante a patogênese, porém essa enzima sozinha não pode ser considerada responsável pelo processo de maceração (Pagel e Heitefuss, 1990). A PME catalisa a conversão de pectina (ácido poligalacturônico metilado) a ácido poligalacturônico, pela desesterificação do grupo metil éster, com produção de metanol. Tem sido demonstrado que a PME está envolvida no amadurecimento de frutos por facilitar a ação de poligalacturonases, diminuindo o grau de metilação. Pectinas com baixo grau de metilação são substratos ideais para a PG, e sua degradação resulta na perda de coesão tecidual. A PME também está envolvida no crescimento celular, sendo responsável pela autólise parcial da parede celular, que é então reconstruída por glicosiltransferases (McMillan; Pérombelon, 1995).

Em relação aos resultados da atividade específica da enzima PG (U mg^{-1}) nos extratos de raízes de batata baroa, ao final do período de armazenamento, apenas o tratamento de 90 min apresentou variação significativa entre raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido em água. Essa menor atividade no tratamento com ozônio em relação ao tratamento controle demonstrou a eficiência de um longo período de exposição ao ozônio sobre a ação da enzima.

Apesar de ter ocorrido menor atividade da enzima no tratamento de 90 min de exposição ao ozônio, não houve ajuste de um modelo significativo em função do período de armazenamento neste tempo devido à dispersão dos dados.

Rondoni et al. (2010), estudando o efeito da aplicação de ozônio gasoso ($10 \mu\text{L L}^{-1}$) em tomates, não encontraram diferença significativa na atividade de PG nos frutos armazenados por 9 dias, em bandejas plásticas, a 20°C e 90% UR.

Variações discrepantes da atividade de PG ao longo do armazenamento foi verificada por Almeida et al. (2006) ao armazenarem mamões Golden a baixas temperaturas e por Chiebao (2008) ao armazenar baroas expostas a irradiação gama (1, 2 e 3 kGy) em diferentes tipos embalagens (caixas e vácuo) à temperatura ambiente (25°C) e a baixa temperatura (4°C).

Em cenouras, a existência de PG endógena é praticamente nula (Rico et al., 2007). Levando em consideração a similaridade das duas raízes tuberosas, pode-se assumir que situação semelhante ocorre em raízes de batata baroa, porém não há estudos que comprovem a real ausência de enzimas endógenas nessas raízes.

A variação nos resultados pode ter ocorrido devido a vários fatores. Entre eles, pode-se citar: a utilização de número reduzido de amostras para a obtenção do extrato enzimático; variações nos volumes de amostra do ensaio; entre outros. Além destes, a provável explicação para a dispersão de resultados é a presença de fungos que degradam a parede celular vegetal e também produzem PG. Estes fungos podem estar presentes em algumas amostras competindo com as bactérias pelo substrato. Entre todas as hipóteses, esta parece ser a mais provável, pois foi observado um número elevado de colônias de fungos nas análises visuais ao longo do armazenamento.

No presente estudo, as enzimas PG e PME apresentaram correlação significativa e negativa, ou seja, verifica-se redução na atividade específica de PME com o aumento na atividade específica de PG. Isso porque o tempo de ação da PME pode ser mais rápido, pois a hidrólise da pectina pela PG depende da ação da PME (Pressey e Avants, 1982) na desesterificação do ácido galacturônico.

Como a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo ajustado à perda de massa foi de 93,94%, pode-se inferir que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais. À medida que se elevou o tempo de exposição das raízes, a perda de massa diminuiu linearmente, porém não apresentou diferenças significativas entre tratamentos com ozônio e seus respectivos controles.

Os resultados apresentados nesse estudo corroboram Liew e Prange (1994), que, estudando cenouras tratadas com ozônio em água (0, 7, 5, 15, 30 e 60 $\mu\text{L L}^{-1}$) durante 8 h por dia e armazenadas por 28 dias a temperaturas de 2, 8 e 16 °C, observaram que o ozônio não afetou a perda de massa. Forney et al. (2007) também trataram cenouras com ozônio e, igualmente, não encontraram diferenças significativas na perda de massa dessas hortaliças devidas ao tratamento. Tzortzakis et al. (2007), estudando tomates armazenados a 13 °C e 95% de UR, observaram que o tratamento com ozônio não afetou a perda de massa dos frutos. Semelhantemente, Rondoni et al. (2010) não observaram perda de massa significativa em tomates expostos ao ozônio gasoso (10 $\mu\text{L L}^{-1}$) em relação ao controle nos frutos armazenados em bandejas plásticas a 20 °C (90% UR) por 9 dias. Costa (2012) também não observou perda de massa no armazenamento de mamões ozonizados.

A perda de massa das raízes de batata baroa aumentou linearmente durante o período de armazenamento, uma vez que ela é decorrente dos processos transpiratórios e respiratórios e leva ao amolecimento dos tecidos, diminuindo sua aceitabilidade comercial (Woods, 1990). Porém a diferença de perda de massa entre os diferentes tratamentos foi pequena, sendo que o tratamento de 90 min apresentou menor perda de massa ao longo do armazenamento em relação aos demais tratamentos.

A perda de massa ao final dos 10 dias de armazenamento foi maior do que as perdas aceitáveis na comercialização de produtos hortícolas. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 6% para produtos hortícolas são passíveis de causar um marcante declínio na qualidade. Entretanto, alguns destes produtos podem ainda ser comercializáveis com até 10% de perda de umidade. A redução imediata da massa fresca dos produtos agrícolas é um sintoma inicial de perda de umidade e uma das principais causas da deterioração pós-colheita (Fontes et al., 1999).

Henz (2001) avaliou o potencial de infiltração de água nas raízes durante o período em que ficam submersas, reproduzindo o processo de lavagem usualmente utilizado. O autor verificou alta correlação entre o tempo de imersão e a infiltração de água (0,95 mL de água infiltrada em raízes intactas quando imersas por 120 min). Constatou também que o tempo de imersão e a profundidade aumentam a probabilidade de infiltração ou absorção

de água pelas raízes e, possivelmente, de bactérias através das lenticelas ou de lesões. Nas lavadoras, as raízes permanecem de 20 a 50 min em profundidades que podem alcançar até 70 cm, porém, em determinadas épocas do ano, os produtores deixam o produto por até dois dias submerso em água para sua maior conservação.

Assim, a menor perda de massa nos maiores tempo de exposição pode estar relacionada à quantidade de água infiltrada nas raízes. Não foi verificada influência da aplicação do gás ozônio nas batatas baroa na perda de massa ao longo do período de armazenamento.

A oscilação diária dos dados de variação de cor pode ter ocorrido devido ao fato da podridão mole apresentar lesões pontuais. Como as leituras de cor são feitas em pontos aleatórios todos os lados da raiz, os pontos de leituras no dia de análise possivelmente não são os mesmos do dia zero.

Observou-se correlação significativa e positiva entre perda de massa x variação de cor, ou seja, verifica-se elevação na ΔE com o aumento da perda de massa.

Liew e e Prange (1994), trabalhando com cenouras ozonizadas em água (0, 7, 5, 15, 30, 60 μLL^{-1}), durante 8 h por dia, por 28 dias a 2, 8 e 16 °C, observou que a cor laranja avermelhada da superfície normal da cenoura apareceu descorada e que as diferenças médias de cor total no controle aumentaram de 4,2 a 6,6 quando tratadas com uma concentração de ozônio de 60 mL L^{-1} .

O teor de amido (%) não apresentou alterações significativas entre os tratamentos com ozônio e seus respectivos controles ao final do período de armazenamento. Em geral não houve efeito significativo do teor de amido em função do tempo de exposição ao ozônio para os respectivos períodos de armazenamento, com exceção do dia 7 que apresentou mínimo aos 41,90 min. Assim como para o teor de amido em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio, que apenas apresentou efeito significativo no tempo de 10 min, com máximo aos 2,90 dias.

Durante o armazenamento de produtos agrícolas, pode ocorrer degradação de reservas de carboidratos, em que o amido é hidrolisado a sacarose, e esta, por sua vez, em açúcares redutores, liberando dióxido de carbono e água (Bisognin et al., 2008; Bhering et al., 2009).

O teor de açúcares solúveis totais (AST) não apresentou alterações significativas entre os tratamentos com ozônio e seus respectivos controles ao final do período de armazenamento. Houve ajustes significativos em função dos tempos exposição ao ozônio para os respectivos períodos de armazenamento e em função do período de armazenamento

para os respectivos tempos de exposição ao ozônio. Porém apresentaram comportamentos distintos entre os tratamentos.

Observou-se correlação significativa e positiva entre AST x PM, ou seja, verifica-se elevação no teor de AST com o aumento da perda de massa. Esse aumento pode ser atribuído a concentração da massa seca devido a perda de água pelas raízes. Esses resultados corroboram com o primeiro trabalho a respeito de conversão de açúcares em batata baroa. Czyhrinciw e Jaffé (1951) verificaram aumento dos teores de amido e de açúcares solúveis (sacarose, glicose e frutose), em armazenamento durante quatro semanas em temperatura ambiente.

Os açúcares redutores (glicose e frutose) e os não redutores (sacarose) são importantes para o processamento de batatas, pois durante a fritura ocorre a reação de Maillard, que pode produzir uma coloração escura, diminuindo a qualidade do produto final (Chapper et al., 2002). Esses açúcares são indicadores da qualidade do processo, pois durante o armazenamento a sacarose pode ser hidrolisada a glicose e frutose. Durante a fritura, esse efeito pode ser potencializado, aumentando o desenvolvimento da cor escura e diminuindo a qualidade do produto final (Rodriguez-Saona e Wrolstad, 1997).

O aumento nos teores de açúcares em batatas armazenadas em temperatura ambiente pode ser justificado pelo processo de respiração dos tubérculos para suprir as necessidades energéticas, que resulta na degradação de reservas de carboidratos.

Forney (2007), estudando cenouras tratadas com ozônio e armazenadas a 10 °C por até 24 semanas, observou que os níveis de sacarose foram reduzidos, independentemente do tratamento, e esse comportamento não foi afetado pelas diferentes concentrações de ozônio. Rondoni et al. (2010), trabalhando com tomates expostos ao ozônio ($10\mu\text{LL}^{-1}$), armazenados em bandejas plásticas a 20 °C (90% UR) por 9 dias, também observaram que o tratamento com ozônio não causou modificação significativa nos açúcares.

Como a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo ajustado aos AR foi de 66,53%, pode-se concluir que o modelo se ajusta aos dados experimentais. Com base nas análises da superfície de resposta, foi possível determinar a melhor condição para se obter o mínimo de açúcares redutores. Essa condição seria 42,12 min de exposição ao ozônio dissolvido em água e 5,29 dias de armazenamento.

Nas condições estudadas, o teor de AR (%) das raízes de batata baroa aumentou com os dias de armazenamento até atingir o ponto máximo em 5,29 dias de armazenamento, e a partir daí decresceu até o final do período de armazenamento. O maior teor de AR foi observado no tratamento de 90 min.

Os resultados apresentados nesse estudo divergem do comportamento de AR em batatas ao longo do armazenamento dos encontrados por Quadros et al. (2010), que, estudando diferentes cultivares de batata armazenadas à temperatura ambiente, observaram que o comportamento do AR variou para cada cultivar em função do tempo de armazenamento. As cultivares Atlantic e Innovator tiveram diminuição de AR até os 30 dias de armazenamento, com posterior aumento, e nas cultivares Asterix e Shepody, foi observado este aumento já com 15 dias do armazenamento, seguido de diminuição. Já Tzortzakis et al. (2007) observou que os níveis de açúcares redutores foram mantidos em tomates tratados com ozônio e armazenados a 13 °C e 95% UR.

Os teores de ANR em raízes de batata não apresentaram alterações significativas entre os tratamentos com ozônio e seus respectivos controles ao final do período de armazenamento. Não houve também efeito significativo para ANR em função do período de armazenamento para os respectivos tempos de exposição ao ozônio dissolvido em água, devido à grande oscilação dos dados, desta forma, as estimativas de cada tratamento foram iguais às suas respectivas médias. Nos dias 1 e 4 de armazenamento alguns valores chegaram a zero ou próximo de zero, indicando que a quase totalidade dos açúcares eram de redutores.

Quadros et al. (2010), analisando batatas armazenadas por 30 dias à temperatura ambiente, observaram que os ANR sofreram oscilação ao longo do período de armazenamento, mas não houve alteração significativa para este período.

Observou-se correlação significativa e positiva entre ANR x PM e ANR x AST, ou seja, verifica-se elevação nos ANR com o aumento da perda de massa e com o aumento de AST. O aumento do teor de ANR pode ser atribuído à concentração da massa seca devido a perda de água pelas raízes e/ou as alterações dos carboidratos nas nos órgãos de reserva em armazenamento.

Em cenoura, raiz tuberosa da mesma família da mandioquinha-salsa (Umbelliferae), o padrão de alteração dos carboidratos durante o armazenamento ao ar refrigerado é de aumento nos teores de açúcares redutores e diminuição nos teores de sacarose (Nilsson, 1987; Le Dily et al., 1993; Suojala, 2000).

6. CONCLUSÕES

O ozônio dissolvido na água na concentração de saturação de $1,52 \text{ mg L}^{-1}$ não foi eficaz no controle de bactérias do gênero *Erwinia* nas raízes de batata baroa, pelas análises visual e enzimáticas; e não afetou as características físico-químicas da batata baroa.

Diante dos resultados sugere-se, para trabalhos futuros, avaliar uma maior concentração de saturação do ozônio dissolvido na água; maior tempo de exposição e maior número de aplicações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT, Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Último acesso em: 11 nov 2013.
- AKBAS, M. Y.; OZDEMIR, M. Application of gaseous ozone to control populations of *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* and *Bacillus cereus* spores in dried figs. **Food Microbiology**, v.25, p. 386–391, 2008.
- AKBAS, M.Y.; OZDEMIR, M. Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.86, p.2090-2104, 2006.
- AKBAS, M.Y.; OZDEMIR, M. Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.86, p.2090-2104, 2006.
- ALENCAR, E.R. ; FARONI, L.R.D. ; SOARES, N.F.F.; SILVA, W.A.; SILVA,M.C.C. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 899-905, 2012.
- ALEXANDRE, E. M. C.; SANTOS-PEDRO, D. M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. **Journal of Food Engineering**, v.105, p. 277–282, 2011.
- ALMEIDA, R.F.; MARTINS,M.L.L.; RESENDE, E.D.;VITORAZI, L.; CARLOS, L.A.; PINTO, L.K.A. Influence of the refrigerating temperature on the chemical characteristics of papaya fruits cv. Glden. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, V.26, n.3, p.577-581, 2006.
- AMORIM , L., REZENDE, J. A. M., BERGAMIN FILHOS, A. **Manual de Fitopatologia, V.1.** Agro Ceres. 2011.
- AVELAR FILHO, J.A. **Estudo de conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.)**, 1989. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BARBONI, T.; CANNAC, M.; CHIARAMONTI, N. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. **Food Chemistry**, v.121, p.946–951, 2010.

- BARRAS, F.; van GIJSEGEN, F.; CHATTERJEE, A.K. Extracellular enzymes and pathogenesis of soft-rot erwinia. **Annual Review of Phytopathology** v.32, p.201-234, 1994.
- BHERING, L. L.; PINTO, C. A. B. P.; BENITES, F. R. G.; LEITE, M. E.; SILVA, F. L. Seleção assistida por marcadores para teor de matéria seca e açúcares redutores em tubérculos de batata. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 38-44, 2009.
- BISOGNIN, D.A.; FREITAS, S.T.; BRACKMANN, A.; ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E.I.P.; MULLER, D.R.; BANDINELLI, M.G. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.59-65, 2008.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 38, de 30 de novembro de 2010**, publicada no Diário Oficial da União de 01.12.2010, Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978. **Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. NR 15 - Atividades e Operações Insalubre - Anexo no 11.** Disponível em:<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136BCD618722734/Anexo%20n.%C2%BA%2011_%20Agentes%20Qu%C3%ADmicos%20%20Toler%C3%A2ncia.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.
- CÂMARA, F. L. A; SANTOS, F. F. A mandioquinha-salsa. **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino-americanas**. São Paulo: Ed. Fundação Cargill, 2002.
- CARVALHO, S. **Informações sobre mandioquinha-salsa**. Centro de Informação Agropecuária (Ciagro), Assessoria de Mercado e Comercialização (Asmec); Departamento Técnico Emater – MG (Detec), 2008.
- CEASA MINAS, Centrais de Abastecimento, Oferta de Produtos - Mercado: CEASA-MG Unidade Grande BH, disponível em: http://200.198.51.69/detec/ofertas_medio_prd/ofertas_medio_prd.php. Acesso em: 29 de novembro de 2013.
- CFR, Code of Federal Regulations. **Air contaminants**. Title 13, part 1910. Washington, D.C.: Office of Federal Register, 1997.

- CHAIDEZ, C.; LOPEZ, J.; VIDALES, J.; CAMPO, N. C. Efficacy of chlorinated and ozonated water in reducing *Salmonella typhimurium* attached to tomato surfaces. **International Journal of Environmental Health Research**, v.17, p. 311 – 318, 2007.
- CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. S.; TERRIBLE, L. C. Carboidratos não estruturais em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 583-588, 2002.
- CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do Ozônio na Indústria de Alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.3, p. 341-349, jul./set. 2008.
- CHIEBAO, H.P. **Estudos de conservação de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.): efeitos da embalagem, radiação gama e temperatura de armazenamento**, Tese de Doutorado. 2008. Departamentos de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, Brasil.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças, fisiologia e manuseio**. Lavras: Fundação de apoio ao ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293p.
- CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. Denver: **American Water Works Association**, 2000. 1220p.
- COLLMER, A.; KEEN, N.T. The role of pectic enzymes in plant pathogenesis. **Annual Reviews of Phytopathology**. v.24, p.383-409, 1986.
- COSTA, A. R. **Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)**, 2012. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- COSTA, F. B. **Fisiologia e conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados**, 2009. Tese Doutorado em Fisiologia Vegetal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CZYHRINCIW, N.; JAFFÉ, W. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tuberculos. **Archivos Venezolanos de Nutricion**, v.2, n.1, p. 49-67, 1951.
- D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, F.M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, p.425-438, 2001.
- DE BOER, S.H. Characterization of pectolytic erwinias as highly sophisticated pathogens of plants. **European Journal of Plant Pathology**, v.109, p.893-899, 2003.

- DE BOER, S.H.; KELMAN, A. Gram- negative bacteria. Erwinia Soft Rot Group. Em: SCHAAD, N.W.; JONES, J.B.; CHUN, W. (eds) **Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria**. 3rd edition. St. Paul: APS Press, 2001
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, 2005. v. 2, 784 p.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-365.
- EWELL A.W. Recent ozone investigation. **Journal of Applied Physics**, 17:908– 911, 1946.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. revista e ampliada. Viçosa/MG: UFV, 2007. p.421.
- FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, v.42, p. 675-703, 1991.
- FONTES, R.V.; SANTOS, M.P.; FALQUETO, A.R.; SILVA, D.M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise solo e tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V.30, n.1, p.54-58, 2008.
- FONTES, V. L.; MOURA, M. A.; VIEIRA, G.; FINGER, F. L. Efeito de filmes plásticos e temperatura de armazenamento na manutenção da cor do pericarpo de lichia (*Litchi chinensis*). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.24, n.1, p. 56-59, 1999.
- FORNEY, C.F.; SONG, J.; HILDEBRAND, P.D.; FAN, L.; McRAE, K.B. Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots. **Postharvest Biology and Technology**, 45:341, 2007.
- GABLER, F. M.; SMILANICK, J. L.; MANSOUR, M. F.; KARACA, H. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on post-harvest gray mold and fungicide residues on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, n. 2, p. 85-90, 2010.
- GOGATE, P. R., PANDIT, A. B. A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. **Advances in Environmental Research**, v.8, n. 3-4, p. 501-551, 2004.
- GREENE, A. K.; GUZEL-SEYDIM, Z. B.; SEYDIM, A. C. Chemical and physical properties of ozone. In: **Ozone in food processing**, 1st. Ed. Edited by O'DONNELL, C.;

- TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; RICE, R. G. **Blackwell Publishing**, 2012. Cap. 3. p. 19-32.
- GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIM, A. C. Use of ozone in food industry. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol**, v. 37, p. 453-460, 2004.
- HELLER, J. (ed) **Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacón**. Roma: IPGRI, 1997. p. 75-172.
- HENZ, G.P. Doenças da mandioquinha-salsa e a sua situação atual no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.2, 135-144, 2002.
- HENZ, G.P. **Perdas pós-colheita e métodos de manejo da “podridão-mole” causada por Erwinia chrysanthemi Burkholder et al. e Erwinia carotovora spp. (Jones) Bergey et al. em raízes de mandioquinha-salsa (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)**, Tese de doutorado. 2001. Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas - Universidade de Brasília, Brasil.
- HENZ, G.P.; LOPES, C.A.; SANTOS, F.F. Doenças pós-colheita de mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Horticultura Brasileira**, v.10, n.2, p.58, 1992.
- HENZ, G.P.; REIFCHNEIDER, F.J.B. Formas de apresentação e embalagens de mandioquinha-salsa no varejo brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.61-67, 2005.
- HENZ, G.P.; SOUZA, R.M.; PEIXOTO, J.R.; BLUMER, L. Danos causados pelo impacto de queda na qualidade pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.881-886, 2005.
- HERMANN, M. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: Hermann, M.; Heller, J. (editors). **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon**. Gatersleben: **Institute of Plant Genetics and Crop Plants Research**, Rome: **International Plant Resources Institute**. p. 75-172 , 1997
- HOIGNÉ, J.; BADER, H. Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water. III: Inorganic compounds and radicals. **Water Research**, 19:993, 1985.
- HOUDRDET, D.; MULLER, G. Solution properties of pectin polysaccharides - III: Molecular size of heterogeneous pectin chains. Calibration and application of SEC to pectin analysis. **Carbohydrate Polymers**, v.16, p. 409-432, 1991.
- HSU, B.; YEH, H. Removal of Giardia and Cryptosporidium in drinking water treatment: a pilot-scale study. **Water Research**, v.37, p.1111–1117, 2003.
- HUDSON, J.B.; SHARMA, M. The practical application of ozone gas as an anti-fungal (anti-mold) agent. **Ozone-Science & Engineering**, v.31, n.4, p.326-332, 2009.

- IGURA, N.; FUJII, M.; SHIMODA, M.; HAYAKAWA, I. Inactivation efficiency of ozonated water for *Fusarium oxysporum* conidia under hydroponic greenhouse conditions. **Ozone-Science & Engineering**, v.26, n.5, p.217-221, 2004.
- KECHINSKI, C. P. **Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.)**, 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre.
- KECHINSKI, C. P.; MONTERO, C. R. S.; NOREÑA, C. P. Z.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F.; BENDER, R. J.; Effects of Ozone in Combination with Hydrothermal Treatment and Wax on Physical and Chemical Properties of Papayas. **Ozone: Science & Engineering**, v.34, p.57-63, 2012.
- KHADRE, M.A.; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. **Journal of Food Science**, v.66, n.9, p.1242-1252, 2001.
- KIM, J. G. **Ozone as an antimicrobial agent in minimally processed foods**, DPhil Thesis, Columbus, Ohio: Ohio State University. p 50-199. The Ohio State University, Columbus, Ohio. 1998.
- KIM, J.G., YOUSEF, A. Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. **Journal of Food Science**, 65, 521–528, 2000.
- KIM, J.G., YOUSEF, A.E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, v.62, n.9, p.1071-1087, 1999.
- KOCH, J.L.; NEVINS, D.J. Tomato fruit cell wall. II. Polyuronide metabolism in a nonsoftening tomato mutant. **Plant Physiology**, v.92, p.642-647, 1990.
- LANA, M.M.; FINGER, F.L. Atmosfera modificada e controlada na conservação de produtos hortícolas. Brasília: **Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia**, Embrapa Hortaliças, 2000.
- LAPOLLI, F. R.; SANTOS, L. F.; HÁSSEMER, M. E. N.; AISSE, M. M.; PIVELI, R.P. **Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização**. In. GONÇALVES, R. F. (Coord.). Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicação para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidropônica. Vitória: PROSAB, p. 169-208, 2003.

- LE DILY, F.; VILLENEUVE, F.; BOUCAUD, J. Qualite et maturite de la Racine de carotte: Influence de la conservation au champ et au froid humide sur La composition biochimique. **Acta Horticulturae**, n.354 (June, 1994), p. 187-199, 1993.
- LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002.
- LIEW, C.L.; PRANGE, R.K. Effect of ozone and storage temperature on postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, n.3, p.863-867, 1994.
- LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p.1707-1713, 2006.
- LOPES, C.A.; HENZ, G.P. Podridões-mole das hortaliças causada por bactérias. Brasília: Embrapa-CNPq, 6p. **Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças**, 1998.
- McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1156-1158, 1950.
- McMILLAN, G.P.; PÉROMBELON, M.C.M. Purification and characterization of a high pI pectin methyl esterase isoenzyme and its inhibitor from tubers of *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* cv. Katahdin. **Physiological and Molecular Plant Pathology** v.46, p.413-427, 1995.
- measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology** v.18, p. 373-386, 2007.
- MILLER G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p. 426-428, 1956.
- NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380.
- NILSSON, T. Carbohydrate composition during long-term storage of carrots as influenced by the time of harvest. **Journal of Horticultural Science**, v.62, p. 191-203, 1987.
- NOVAK, J. S.; YUAN, J. T. C. The ozonation concept: advantages of ozone treatment and commercial developments. In: TEWARI, G.; JUNEJA, V. K. (Eds.) **Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation**. Ames: Blackwell Publishing, p. 185-193, 2007.
- OZKAN, R.; SMILANICK, J. L.; KARABULUT, O. A. Toxicity of ozone gas to conidia of *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, and *Botrytis cinerea* and control of gray

- mold on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 1, p. 47-51, abr. 2011.
- PAGEL, W.; REITEFUSS, R. Enzyme activities in soft rot pathogenesis of potato tubers: effects of calcium, pH, and degree of pectin esterification on the activities of polygalacturonase and pectate lyase. **Physiological and Molecular Plant Pathology** v.37, p. 9-25, 1990.
- PASCUAL, A.; LLORCA, I.; CANUT, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, p. S29-S35, jan. 2007.
- Pérombelon, M.C.M, Kelman, A. Ecology of the soft rot erwinias. **Annual Review of Phytopathology**, 361–87, 1980.
- PIRANI, S. Application of ozone in food industries. **Doctoral Program in Animal Nutrition and Food Safety**, Universita degli Studi di Milano. 2011.
- PIRES, T.C.R. **Alterações pós-colheita em raízes de mandioquinha-salsa (Arracacia xanthorrhiza Bancroft.): atividade enzimática, identificação de contaminante e caracterização parcial do amido**. Tese de doutorado. 2005. Departamentos de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, Brasil.
- PIRES, T.C.R.; FINARDI-FILHO, F. Extraction and assay of pectic enzymes from Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) **Food Chemistry**, v.89, n.1, p.85-92, 2004.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v.1, n.6, p.57-74, 1982.
- QUADROS, D.A.¹; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Qualidade de batata para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e não-redutores, durante o armazenamento à temperatura ambiente. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 439-443, 2010.
- RIBEIRO, R.A.; FINGER, F.L.; PUIATTI, M.; CASALI, V.W.D. Vida útil metabólica de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.453-458, 2007.
- RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A.B.; BARAT, J.M.; BARRY-RYAN, C. Extending and
RICO, D.; MARTIN-DIANA, A.B.; FRIAS, J.M. HENEHAN, G.T.M.; BARRY-RYAN, C. Effect of ozone and calcium lactate treatments on browning and texture properties of

- fresh-cut lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, p.2179-2188, 2006.
- RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, v. 74, n. 2, p. 87-107, 1997.
- ROMEIRO, R.S.; SOUSA, R.M.; MUCHOVEJ, J.J.; KIMURA, O. Soft rot of Peruvian carrot due to *Erwinia carotovora* in Brazil. **Plant Pathology**, v.37, n.2, p.300-302, 1988.
- RONDONI, L.; CASADEI, N.; CONCELLÓN, A.; ALICIA, A. R.C., VICENTE, A. R. Effect of short-term ozone treatments on tomato (*solanum lycopersicum* L.) Fruit Quality and Cell wall degradation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v58, p.594-599, 2010.
- RUSSEL, A. D.; HUGO, W. B.; AVLIFFE, G. A. J. Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization. 3. ed. Oxford: **Blackwell Science**, 826 p, 1999.
- SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SCALON, S.P.Q., ZÁRATE N.A.H., VIEIRA M.C. Embalagem e temperatura na manutenção da qualidade pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Ciência Agrotécnica**, 26, 559-563, 2002.
- SCALON, S.P.Q., ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C Embalagem e temperatura na manutenção da qualidade pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Ciência e Agrotecnologia**, v26, n3, p.559-563, 2002b.
- SCALON, S.P.Q.; VIEIRA, M.C.; ZÁRATE, N.A.H. Combinações de cálcio, atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum** v.24, n.5, p.1461-1466, 2002 a.
- SEDIYAMA M.A.N; VIDIGAL SM; GRANATE MJ; SANTOS MR; MASCARENHAS MHT. **Cultura da mandioquinha-salsa ou batata-baroa**. Belo Horizonte: EPAMIG. 28p, 2005.
- SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, R. S.; PEREIRA, P. C.; SEDIYAMA, T.; MASCARENHAS, M. H. T.; FERREIRA, F. A. **Avaliação de herbicidas no controle de plantas daninhas em mandioquinha-salsa**. Campinas, v. 67, n. 4, p. 921-926, 2008.
- SHEELAMARY, M., MUTHUKUMAR, M., Effectiveness of ozone in inactivating *Listeria monocytogenes* from Milk Samples. **World Journal of Young Researchers**, 1(3):40-44, 2001.

- SILVA, S. B. da; LUVIELMO, M. de M.; GEYER, M. C. PRA, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 2, p. 659-682, 12 jul. 2011.
- SMADJA, B.; LATOUR, X.; TRIGUI, S.; BURINI, J.F.; CHEVALIER, S.; ORANGE, N. Thermodependence of growth and enzymatic activities in pathogenicity of two *Erwinia carotovora* subspecies (*Pectobacterium* spp.). *Canadian Journal of Microbiology*, v.50, p.19-27, 2004.
- SPENCER, R.J.S. **Ozone as a post-harvest treatment for potatoes**. 2003. 139f. Thesis (Master of Science of Plant Sciences) - University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada, 2003.
- STAEHELIN, J.; HOLGNÉ, J. Decomposition of ozone in water in the presence of organic solutes acting as promoters and inhibitors of radical chain reactions. *Environmental Science & Technology*, v19, p.1206-1213, 1985.
- STUCKI, S.; SCHULZE, D.; SCHUSTER, D.; STARK, C. Ozonization of purified water systems. *Pharmaceutical Engineering*, v. 25, n.1, p.1-7, 2005.
- SUOJALA, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. *HortScience*, v.85, p.1-19, 2000.
- TAKATSU, A. Erwinias do grupo carotovora no Brasil. *Fitopatologia Brasileira* v.8, p. 535-536, 1983.
- THAKUR, B.R.; SINGH, R.K. Combination processes in food irradiation. *Trends in Food Science & Technology*. V.6, p.7-10, 1995.
- THOMPSON, A.K. Reduction of losses during the marketing of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). *Acta Horticulturae*, v.116, p.60-65, 1980.
- TZORTZAKIS, N.; BORLAND, A.; SINGGLETON, I.; BARNES, J. Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.45, p.317-325, 2007.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Design manual: municipal wastewater disinfection**. Cincinnati, OH. EPA-625/1-86/021. 1986.
- USDA - UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Food Safety for you. **Center for Food Safety and Applied Nutrition**. [Online] setembro de 2001.
- VICENTE A. R.; Costa M. L.; MARTÍNEZ G. A.; CHAVES A. R.; CIVELLO P. M. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 213-322, 2005.

- VIDAL, F. J. R. Processo de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. Madrid: **Ediciones Díaz de Santos**, 2003, 253 p.
- WHITAKER, J. R.; Principles of Enzymology for the Food Sciences; **Marcel Dekker**, New York, 1972.
- WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines for Europe**. WHO Regional Publications, European Series, Nº 91, Second Edition, 273 p.91, 2000.
- WOODS, J. L. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v.1, n.3, p.195-199, 1990.
- WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M.A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v.81, n.7, p.1288-1293, 2006.
- ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C.; ARAÚJO, C. Perdas de peso no armazenamento de raízes de mandiocinha-salsa “Amarela de Carandaí”: efeito de tratamentos no cultivo e após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**. v.25, n.6. p.1337-1342, 2001.
- ZARPELON, A.; RODRIGUES, E. M. **Os Trihalometanos na Água de Consumo Humano**. Disponível em: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>. Acesso em: 25 mai. 2013.