**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos,
fisiológicos e microbiológicos**

Natalia Dallocca Berno

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2013**

Natalia Dallocca Berno
Bacharel em Ciências dos Alimentos

Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Berno, Natalia Dallocca

Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos / Natalia Dallocca Berno.- - Piracicaba, 2013.
82 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. *Allium cepa* L. 2. Produto minimamente processado 3. Qualidade fisiológica
4. Vida útil I. Título

CDD 664.80525
B529p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, **Nelson e Ana Lúcia**,
por me darem apoio incondicional, além de amor e carinho,
pois não seria nada e não estaria onde estou sem a presença, esforço e
compreensão deles. Que um dia eu consiga retribuir esse amor!

Aos meus irmãos, **Daniel e Carolina**,
pelo carinho e pelas horas de descontração. Minha eterna gratidão!

Ao meu noivo, **Gustavo**,
pelas conversas, amor, carinho e apoio nas alegrias
e dificuldades encontradas ao longo desta caminhada. Amo você!

Dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, sabedoria, bondade e por sempre iluminar meus passos.

A todos aqueles aos quais dediquei este trabalho, pelo constante incentivo, carinho e compreensão.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq-USP), essa grande escola a qual fez parte da minha infância e da minha formação profissional.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo financiamento desse projeto.

Ao PPG em Ciência e Tecnologia em Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de mestrado, em especial ao Fábio Benedito Rodrigues e a Ana Paula Meneghetti, pela competência, paciência e auxílio nas horas em que eu precisei.

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição e ao Departamento de Ciências Biológicas, pela disponibilidade de espaço para a realização dos meus experimentos.

Aos funcionários da biblioteca central, pela solicitude durante essa jornada, e também pela ajuda e correções deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge, pela incondicionalidade em aceitar esse trabalho e pela oportunidade concedida a mim de trabalhar em seu Laboratório, além dos ensinamentos, apoio, orientação e amizade ao longo desse trabalho.

À Prof^a Dra. Marta Helena Fillet Spoto, pelo apoio e concessão do seu laboratório de microbiologia para realização de parte desse projeto.

Ao Prof. Dr. Ângelo Pedro Jacomino e a todos do laboratório de Pós-Colheita de Plantas Hortícolas pelo auxílio e amizade.

Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu Dias, pela realização da estatística desse trabalho.

Aos professores Dr. José Fernando Durigan e Dr. Ben-Hur Mattiuz pelo apoio.

Ao Sr. Jair Marinho Neto, e a todos os funcionários de sua empresa, Comércio de Cereais Neto Ltda., pelo envio das cebolas utilizadas nesse trabalho, sendo parte delas fruto de doação, e pela completa disposição em me ajudar, sempre que solicitado.

Aos estagiários do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-colheita: Bem-Bolado, Bi-c-ta, É-D+, Félixion, Goust, Grilêra, Iglú, Ja(ra)²-k, Miñoleta, P/nauê, Pastora, Pingona, Reqbra, Sukuziño, Super-pop, Tá-lok, Tô-Fraco, Trã-k-da, Ven(da)² e Zurpadora; e aos pós-graduandos: Di-lúvio, Mindiña, Gér-b-ra, Cléu, Luciane, Magda, Mariana, Flor, Inka, Juliana, e Zé-Ag⁺³, pela mão-de-obra, amizade sincera, companheirismo, força e momentos de distração. Em especial à Baguiña, pelas trocas de conhecimentos e a K-tarata, pela imensa ajuda e paciência durante todo o percurso e na elaboração dessa dissertação. Vocês foram fundamentais para que esse projeto pudesse sair do papel.

A todos meus amigos da Esalq, em especial às amigas Aline Marques Bortoletto, Jacqueline de Oliveira e Ticyana Carone Banzato pela amizade, companheirismo, carinho e pelos diversos momentos de alegria durante toda essa jornada.

Aos meus amigos e familiares por me fazerem lembrar que também há vida fora da universidade; pelos fins de semana descontraídos e divertidos, fundamentais para me trazer de volta à realidade.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente colaboraram na realização e desenvolvimento deste trabalho, que outrora deixei de citar.

O meu muito obrigada!!!

EPÍGRAFE

*“Feliz o homem que acha Sabedoria,
e o homem que adquire Conhecimento.”*

Provérbios 3:13

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 A cultura da cebola.....	17
2.2 Características da cebola.....	19
2.3 Processamento mínimo.....	22
2.4 Redução do metabolismo de produtos minimamente processados	23
2.4.1 Temperatura.....	24
2.4.2 Embalagens	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Local.....	29
3.2 Cultivar	29
3.3 Descrições dos experimentos	29
3.3.1 Experimento I: Avaliação de temperatura e tipo de corte	30
3.3.2 Experimento II: Avaliação de tipos de embalagem.....	31
3.4 Determinações	32
3.5 Análise dos resultados	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 Experimento I: Avaliação de temperatura e tipo de corte.....	39
4.2 Experimento II: Avaliação de tipos de embalagem.....	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS.....	65
ANEXOS	75

RESUMO

Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das plantas de maior difusão do planeta e apresenta grande importância mundial, não só em termos de produção, mas também de consumo. No Brasil, é a terceira hortaliça mais cultivada e seu consumo é feito principalmente *in natura* como condimento ou tempero. Os produtos minimamente processados vêm obtendo crescente participação no mercado de produtos frescos em função da praticidade que oferecem ao consumidor. No caso da cebola, o preparo do bulbo é o maior motivo de reclamações, já que por conter compostos voláteis causam irritação aos olhos e deixam odor característico na mão do manipulador. Seu processamento mínimo poderá aumentar seu consumo e ainda alcançar novos mercados por todo o País. Entretanto, para que isso ocorra é preciso estudar a fisiologia e o manuseio específico dessa hortaliça, de forma a compreender as principais alterações que ocorrem, além de métodos que possam reduzir mudanças que acelerem sua deterioração. Este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos da cebola roxa minimamente processada, utilizando diferentes temperaturas de armazenamento, combinadas com dois tipos de corte, e, posteriormente, diferentes embalagens, a fim de prolongar sua vida útil. No primeiro experimento foram testadas quatro temperaturas de armazenamento, 0, 5, 10 e 15°C, e dois tipos de cortes, cubos (10 mm aresta) e fatias (3-5 mm espessura), por 15 dias a 85-90% UR. No segundo, o corte que teve o melhor desempenho foi utilizado para testar diferentes embalagens: recipiente de polipropileno (PP), filme de cloreto de polivinila (PVC - 14 µm), filme de PP (10 µm) e filme de polietileno de baixa densidade (PEBD - 10 µm). As cebolas foram armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias. Foram realizadas as análises de pungência e da quantificação de compostos fenólicos totais, antocianinas e de quercetinas, assim como a taxa respiratória, a composição gasosa no interior das embalagens, a coloração, o teor de sólidos solúveis, e de acidez titulável, o pH, os índice de ressecamento e deterioração, a incidência de podridões e as análises microbiológicas. Cebolas armazenadas a temperaturas de 0 e 5°C e cortadas em fatias apresentaram menor pungência, menores variações nos teores de compostos fenólicos, antocianinas e quercetinas, além de menores taxas respiratórias e manutenção dos aspectos físicos e da aparência. A utilização das diferentes embalagens pouco interferiu nos aspectos estudados, exceto no pH, ângulo de cor, concentração gasosa e aparência. Independente dos tratamentos e durante os períodos de armazenamento, houve alteração dos atributos estudados. A cebola minimamente processada teve maior vida útil quando armazenada a 0°C, associada ao corte em fatias. O recipiente de PP reduziu em 3 dias a vida útil da cebola roxa. Os filmes de PP e PEBD proporcionam maior qualidade fisiológica e visual por mais tempo.

Palavras-chave: *Allium cepa* L.; Produto minimamente processado; Qualidade fisiológica; Vida útil

ABSTRACT

Minimal processing of purple onion: biochemical, physiological and microbiological aspects

The onion (*Allium cepa* L.) is a plant globally widespread and is important for both production and consumption. In Brazil, it is the third vegetable most produced and it is mainly consumed fresh and as condiment or seasoning. The minimally processed products have been increasing interest in the fresh product market due to the convenience offered to consumers. In the case of onions, the preparation of the bulb is the biggest cause of complaints, since it contains volatile compounds that cause irritation to eyes and gives the handler a characteristic odor in their hands. Its minimal processing may increase their consumption and still reach new markets around the country. To this end, it is necessary to study the physiology and the specific handling for this vegetable. Thus, to understand the changes occurring during the process as well as methods that may minimize such changes. This work aimed to evaluate the biochemical, physiological and microbiological aspects of purple onions minimally processed using different storage temperatures, combined with two cut types, and, subsequently, different packaging, in order to prolong its life. In the first experiment, four storage temperatures was evaluated (0, 5, 10 and 15 °C), and two types of cut, being cubes (10 mm edge) and slices (3-5 mm thick). Product was storage during 15 days at selected temperatures and 85-90% RH. In second experiment, the cut that had best performance was used to test different packaging, being polypropylene (PP), polyvinyl chloride film (PVC - 14 µm), PP film (10 µm) and low density polyethylene film (LDPE - 10 µm). The product was stored at 5 °C and 85-90% RH, for 12 days. To evaluate the shelf-life of the product was carried out analyzes of pungency and quantification of phenolic compounds, anthocyanins and quercetins, as well as respiratory rate, gas composition inside the package, the coloring, the soluble solids and titratable acidity content, pH, the rate of drying and deterioration, decay incidence and microbiological analyzes. Fresh-cut onions stored at temperatures between 0 and 5 °C and cut into sliced showed low level of pungency, minor variations in the levels of phenolic compounds, anthocyanins and quercetins, and lower respiration rates and maintenance of the physical aspects and appearance. The use of different packaging interfered little in the variables studied, except for pH, hue angle, gaseous concentration and appearance. Regardless of treatments and periods of storage, there was a change of the attributes studied. The fresh-cut onion had longer life when stored at 0 °C associated with cut into slices. The container of PP reduced in 3 days life purple onion. The films of PP and LDPE provide higher visual and physiological quality for longer time.

Keywords: *Allium cepa* L.; Fresh-cut vegetables; Physiological quality; Shelf-life

1 INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das plantas de maior difusão do planeta. Sua produção apresenta grande importância no Brasil e no mundo, independente da origem étnica e cultural. É a terceira hortaliça mais produzida, depois do tomate e da batata (BOITEUX; MELO, 2004). É consumida principalmente *in natura*, na forma de saladas, e como condimento ou tempero, mas não como alimento principal (BOEING, 2002).

Por ser uma hortaliça extremamente versátil em termos alimentares e culinários, a cebola tem ainda um grande desafio para aumentar seu consumo. Em se tratando da cebola roxa, esse desafio é ainda maior, já que a demanda por esta variedade de bulbo é pequena e está concentrada no Nordeste e aos redores de Belo Horizonte, MG (BOITEUX; MELO, 2004).

De acordo com consumidores de cebola, o preparo do bulbo é o maior motivo de reclamações, já que ela contém compostos voláteis que causam irritação aos olhos, o que faz as pessoas lacrimejarem. Além disso, o odor característico que fica na mão do manipulador também é bastante inconveniente. A essas características da cebola dá-se o nome de pungência.

Uma das formas de solucionar esse problema está no processamento mínimo, o qual torna este produto mais conveniente e pronto para o consumo, uma vez que não haverá necessidade de se realizar o descascamento e o corte.

Os produtos minimamente processados fazem parte de um segmento da indústria de alimentos que vem obtendo crescente participação no mercado de produtos frescos e é uma oportunidade interessante aos produtores de hortaliças. No Brasil, a utilização desses produtos ocorreu no final da década de 70 e seu consumo vem aumentando consideravelmente (MORETTI, 2007).

O processamento mínimo da cebola pode ajudar a aumentar seu consumo, atendendo sua demanda com produtos mais convenientes, alcançando novos mercados por todo o País. Entretanto, para que se obtenha essas vantagens é preciso que se conheça com detalhes a fisiologia e o manuseio deste bulbo, a fim de que se compreenda as principais alterações que ocorrem, além de métodos que possam reduzir tais mudanças.

Dentre os principais métodos de retardamento da senescência de produtos minimamente processados está a utilização de baixas temperaturas e de

embalagens adequadas, que são mais eficientes se usadas em conjunto. Entretanto, sabe-se que não há uma cadeia de frio bem estabelecida no País, e que muitos estabelecimentos não respeitam a temperatura de armazenamento adequada. Essas atitudes reduzem a qualidade e a vida útil desses produtos, uma vez que eles requerem o controle rígido dessa variável.

Este trabalho teve como o objetivo avaliar os aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos de cebolas roxas minimamente processadas. Para isso, foram testados diferentes temperaturas de armazenamento, combinadas com dois tipos de corte, e a influência de diferentes embalagens.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da cebola

A cebola, *Allium cepa* L., pertence à família Alliaceae e foi criada a partir do cruzamento das famílias Liliaceae e Amaryllidaceae (BREWSTER, 2008; BOITEUX; MELO, 2004; FRITSCH; FRIESEN, 2002). Trata-se de uma planta herbácea e anual, quando cultivada para a produção de bulbos e bianual, para a produção de sementes. Ela é constituída de folhas tubulares ocas, cerosas ou não, pseudocaule e raízes fasciculadas (CHEMELLO, 2005; COSTA; ANDREOTTI, 2002; LISBÃO; 1993). O bulbo, que é a parte da planta que possui valor econômico, é tunicado, formado por folhas bulbares, recobertas exteriormente por escamas secas de coloração amarela, roxa, vermelha ou branca, dependendo da cultivar (CAMARGO FILHO, 1995; LISBÃO; 1993; WASUM; BORDIN; SINIGAGLIA, 2007).

A cebola, assim como as outras espécies desse gênero, pode se adaptar a diversos tipos de clima e solos, sendo encontrada em diferentes latitudes e longitudes (BOITEUX; MELO, 2004; FRITSCH; FRIESEN, 2002), porém, o fotoperíodo e a temperatura são fatores limitantes para a adaptação das variedades (OLIVEIRA; MENDONÇA; SANTOS, 2004).

A cebola é uma das espécies de hortaliças mais antigas e mais difundidas no mundo, sendo mencionada em registros arqueológicos no Egito, em passagens bíblicas e no Alcorão islâmico. O registro mais antigo sobre o cultivo dessa hortaliça data de cerca de 3.200 anos a.C. (BARBIERI; MEDEIROS, 2007; BOITEUX; MELO, 2004; SONNENBERG, 1982). Sua origem é incerta, porém, suas características, indicam que ela, provavelmente, tenha se originado na Ásia Central (BREWSTER, 2008; BOITEUX; MELO, 2004; FRITSCH; FRIESEN, 2002; SONNENBERG, 1982). A mesma região é também o centro primário de sua domesticação e variabilidade (BREWSTER, 2008; FRITSCH; FRIESEN, 2002), enquanto seu centro secundário é a região do Mediterrâneo, para onde a cebola deve ter sido levada pelos romanos (BARBIERI; MEDEIROS, 2007; BREWSTER, 2008).

Inicialmente, a cebola foi trazida para a República Dominicana, na América, em 1494, por Cristóvão Colombo e, posteriormente, foi reintroduzida pelas expedições espanholas (SOBRINO-ILLESCAS; SOBRINO-VESPERINAS, 1992; BOITEUX; MELO, 2004; SONNENBERG, 1982). No Brasil, esta cultura foi introduzida pelos portugueses no litoral do Rio Grande do Sul no século 18 (BARBIERI; MEDEIROS,

2007; SONNENBERG, 1982). Seu cultivo foi iniciado em 1930, em Santa Catarina, e de lá foi difundido para outras regiões do País, passando para São Paulo, região Nordeste e posteriormente para o Centro-Oeste (BARBIERI; MEDEIROS, 2007; COSTA; ANDREOTTI, 2002).

Segundo dados da Food and Agriculture Organization (FAO, 2013), a produção mundial de cebola, em 2011, foi de mais de 85 milhões de toneladas, numa área de 4,3 milhões ha, e teve como seus maiores produtores a China, a Índia e os Estados Unidos. O Brasil é seu 10º produtor mundial, com produção de cerca de 1,5 milhão de toneladas, numa área de 63 mil hectares.

A cebola é a terceira hortaliça mais consumida no Brasil, ficando atrás apenas do tomate e da batata. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), a produção de cebola no País, em 2013, está estimada em, aproximadamente, 1,3 milhão de toneladas, em uma área de 57,3 mil hectares. A região Sul do Brasil é responsável por 56% de sua produção, sendo que o estado de Santa Catarina é o principal produtor, com 32% de toda produção nacional. O Rio Grande do Sul, Bahia, Paraná, São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais aparecem em seguida (IBGE, 2013). Apesar de não constar dos dados apresentados pelo IBGE, há produção de cebolas no Distrito Federal, Goiás e Rio Grande do Norte, que são áreas mais recentes (BERNO, 2009; TAPETTI, 2010).

A cebolicultura no Brasil apresenta grande importância econômica, principalmente porque sua produção está concentrada nas mãos de pequenos agricultores, sendo um importante elemento de ocupação da mão de obra familiar e também de redução do êxodo rural (BOEING, 2002; COSTA; ANDREOTTI, 2002; VILELA et al., 2005).

A demanda desse produto hortícola é relativamente alta, devido à natureza de seu uso, porém, é considerada de baixa flexibilidade, ou seja, o consumo não cresce com o aumento da renda. É amplamente consumida, principalmente *in natura*, na forma de saladas, e como condimento ou tempero, mas não como alimento principal. Seu consumo é difundido pelas mais diversas regiões do planeta, assim como sua produção e comércio (BOEING, 2002).

Segundo a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) de 2008, realizada pelo IBGE, a aquisição domiciliar de cebola representa 12% do total de hortaliças utilizadas nas casas dos brasileiros. Analisando edições anteriores da POF, percebe-se que a aquisição domiciliar apresentou queda de 6,5 kg hab⁻¹ ano⁻¹, em

1987, para 3,2 kg hab⁻¹ ano⁻¹, em 2008. Entretanto, o consumo de cebola industrializada tem aumentado. Os principais produtos de sua industrialização são a pasta de cebola com alho e sal, os purês, como integrante de molhos de tomate e catchup e na produção de conservas, assim como na forma de produtos desidratados e como produtos minimamente processados (MORETTI; DURIGAN, 2002; VILELA et al., 2005).

A preferência do consumidor brasileiro pelo tipo de cebola é regional, mas de forma geral há a opção por bulbos de tamanho médio, pungentes, globulares, firmes, com película externa de cor amarela a marrom escura, e escamas internas (catáfilos) de cor branca. Para os bulbos avermelhados intensos ou arroxeados, a demanda é pequena e concentrada no Nordeste e na região de Belo Horizonte, em Minas Gerais (OLIVEIRA et al., 2004).

Dentre as variedades adaptadas para o Brasil, a 'Crioula' é a mais produzida na região Sul. Além de ser uma variedade adaptada à região, possui uma boa conservação pós-colheita e tem as características buscadas pelos consumidores (OLIVEIRA et al., 2004). Esta cebola surgiu na região de Santa Catarina, no Alto Vale do Itajaí, provavelmente resultante do cruzamento da cv. Pêra Norte e Baia Periforme, seguida de seleção feita por produtores locais. Seus catáfilos externos são de coloração marrom-acastanhada, porém, também há variedades locais com coloração roxa, como a 'Crioula Roxa' (BARBIERI; MEDEIROS, 2007).

2.2 Características da cebola

A cebola possui muitos nutrientes e poucas calorias. Em média, 100 g de cebola contêm 88,9% de umidade, 39 kcal, 1,7g de proteínas, 8,9 g de carboidratos e 2,2 g de fibra alimentar. Dentre os minerais mais expressivos estão magnésio (404 mg), potássio (176 mg), fósforo (38 mg) e cálcio (14 mg). A cebola ainda contém 4,7 mg de vitamina C e pequenas quantidade de outras vitaminas (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP, 2006).

Seu sabor e aroma (*flavor*) são decorrentes de aspectos intrínsecos de cada variedade, sendo principalmente de responsabilidade da integração entre açúcares e ácidos orgânicos. Os compostos organosulfurados biologicamente ativos contribuem significativamente para o *flavor*.

A principal característica de vegetais do gênero *Allium*, do qual a cebola faz parte, é a pungência. A pungência é definida pela combinação de sabor e odor

característicos desses compostos organosulfurados que causam irritação da mucosa do nariz e da boca e tem poder lacrimogêneo (BELITZ; GROSCH, 1988; BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010). Seu mecanismo de produção está intrinsecamente ligado aos fatores de absorção de enxofre e síntese de precursores do sabor, que juntos determinam a intensidade do sabor final (RANDLE, 1997). De acordo com a finalidade de uso da cebola, a pungência se torna muito importante e pode, inclusive, determinar seu valor comercial. Há relatos que diferenças de 1 μmol ácido pirúvico g^{-1} na pungência já é percebida pelo paladar (ANTHON; BARRETT, 2003).

A pungência só é sentida quando há ruptura das células, o que faz com que a reação de produção dos precursores do sabor e aroma seja iniciada. Para a cebola, esses precursores são os compostos cisteína sulfóxidos: propiina (S-propil-L-cisteína sulfóxido), encontrada em altas concentrações; metiina (S-metil-L-cisteína sulfóxido), encontrada em menores concentrações; e isoaliina (1-propenil-L-cisteína sulfóxido), encontrada em baixas concentrações. Esses precursores estão localizados no citoplasma da célula, enquanto que a enzima responsável pela reação, a aliinase (EC 4.41.4), está localizada nos vacúolos, provavelmente dentro de vesículas. Quando há o rompimento celular, as estruturas que envolviam os compostos são rompidas, fazendo com que a aliinase entre em contato com eles, desencadeando a reação. Os produtos são principalmente ácidos sulfênicos, piruvato e amônia (ANTHON; BARRETT, 2003; BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010; BREWSTER, 2008; CHEMELLO, 2005; KETTER; RANDLE, 1998; LANZOTTI, 2006; SCHWIMMER; WESTON, 1961).

Os ácidos sulfênicos formados são produtos intermediários de vida curta, por serem quimicamente instáveis. Destes, boa parte é considerado fator lacrimogêneo (FL), sendo os primeiros compostos a serem formados, praticamente logo após a ruptura das células. Esse é o caso dos ácidos sulfênicos produzidos da isoaliina, o ácido propenilsulfênico, que se transformam espontaneamente em propanotial-S-óxido, um dos principais FL. Os ácidos sulfênicos produzidos da metiina e da propiina são formados alguns minutos depois da ruptura das células e estes são rearranjados em uma série de tiossulfinais. Os tiossulfinais são responsáveis pelo sabor e aroma característico da cebola (BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010; CHEMELLO, 2005; KETTER; RANDLE, 1998; LAZONTTI, 2006). A reação catalisada pela aliinase se completa em 6 minutos (SCHWIMMER; WESTON, 1961). Como o ácido pirúvico, composto pungente, formado na reação catalisada pela

aliinase é mais estável, sua concentração é utilizada para estimar o grau de pungência de cebolas.

As proporções e a concentração dos precursores propiina, metiina e isoaliina são responsáveis pelas diferenças no aroma entre as diferentes variedades e cultivares, sendo que quanto mais altas essas concentrações, maior será a intensidade do sabor da cebola (BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010; RANDLE, 1997).

A coloração da cebola é típica para cada cultivar e existem diversas variações e intensidades: brancas, verdes, amarelas, marrom/vermelhas e roxas, a qual é dada pela presença de flavonóides. Dois subgrupos de flavonóides predominam em cebolas: as antocianinas, que conferem a coloração avermelhada ou roxa, e os flavonóis, que conferem coloração amarelada ou cor de pinhão (BREWSTER, 2008; RAVEN; EVERT; EICHORN, 1996).

As antocianinas predominantes em cebolas roxas ou vermelha são do subgrupo da cianidina, podendo conter traços de outros subgrupos, como peonidina e pelargonidina. O teor de antocianinas pode ser de 0,11% a 0,22% do peso seco. Dos flavonóis, as quercetinas e seus derivados são as mais abundantes. Quercetinas aparecem em quantidades de 350 mg kg^{-1} de peso fresco, tornando as cebolas um dos vegetais mais ricos nesse flavonol (BREWSTER, 2008). Este conteúdo difere com a variedade, sendo que as cebolas amarelas, vermelhas e rosas contêm mais quercetina, enquanto nas brancas este valor é muito baixo (PATIL; PIKE; YOO, 1995).

Os flavonóides têm despertado interesse de pesquisadores, em virtude de seus benefícios para a saúde, dadas suas propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (CARVALHO; MACHADO, 2004; MARIOT; HEIDEN; CASTRO, 2007). A quercetina é considerada o antioxidante mais poderoso da classe dos flavonóides. Estudos quanto aos seus benefícios à saúde humana têm crescido, e têm demonstrado que sua principal ação é contra a peroxidação lipídica, que é a principal causa da morte celular (LAKHANPAL; RAI, 2007). Também, a quercetina se mostrou capaz de prevenir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), podendo, assim, auxiliar na prevenção de certas doenças, tais como câncer, aterosclerose e inflamação crônica (BENTZ, 2009).

2.3 Processamento mínimo

Nos últimos anos, houve significativas mudanças no estilo de vida das pessoas, principalmente depois da entrada da mulher no mercado de trabalho. Essas mudanças acarretaram em alterações nos hábitos de consumo, com tendência para o uso de produtos que ofereçam conveniência, praticidade e sejam mais saudáveis (PERERA; SMITH, 2007; CENCI, 2011). Os produtos minimamente processados (PMP) agrupam essas características, conquistando a preferência do consumidor e ainda agregam valor ao produto (CENCI, 2011; MORETTI, 2007).

O processamento mínimo consiste em submeter hortaliças e frutos a uma ou mais alterações físicas, como descascamento e corte, tornando-os prontos para o consumo ou preparo, porém, mantendo-os em estado fresco (CENCI, 2011; MORETTI, 2007; MORETTI; DURIGAN, 2002). As principais etapas do processamento são: seleção, lavagem, descascamento, corte e/ou fatiamento, enxágue, sanitização, centrifugação, seleção, acondicionamento e armazenamento (ANDRADE; BASTOS; ANTUNES, 2007; CENCI, 2011). Há PMP que também passam por algumas etapas específicas, como tratamentos químicos ou recobrimentos comestíveis.

O mercado de PMP teve início nos Estados Unidos, na década de 30, sendo que no Brasil foi introduzido a partir da década de 70. O consumo brasileiro desses produtos ainda é muito baixo, porém tem grande potencial de crescimento (CENCI, 2011; MORETTI, 2007). Muitas frutas e hortaliças produzidas no país possuem características interessantes para o processamento mínimo e algumas já são bem aceitas no mercado, como cenouras, couve, alface, alho, beterraba, brócolis e repolho. Os PMP têm sido procurados não só pelos consumidores diretos, mas também por empresas que trabalham no ramo da alimentação coletiva, a fim de reduzir tempo de preparo das refeições (DURIGAN, 2004; PERERA; SMITH, 2007).

Segundo a pesquisa via internet realizada pela *Produce Marketing Association* (PMA, 2011), com 500 consumidores de produtos hortifrutícolas, 66% dos entrevistados adquiriram frutas e hortaliças minimamente processadas, excluindo-se as saladas embaladas. Quando perguntado quais itens eles gostariam de consumir embalados, que atualmente são vendidos a granel, a cebola foi o sexto produto mais citado. Com relação aos atributos que decidem a compra de produtos embalados, a limpeza (higiene) e o preço dos alimentos foram os atributos mais

mencionados e os de maior impacto na compra, sendo que a conveniência ficou em terceiro lugar.

Os PMP devem apresentar atributos de qualidade, mantendo o máximo de suas características nutritivas e sensoriais, como o frescor, aroma, textura aceitável, cor e sabor característico do produto fresco, e estarem livres de microrganismos patogênicos, além de uma vida útil suficiente para se mantenham aceitáveis pelo consumidor durante toda a cadeia produtiva (BRECHT et al., 2007; DURIGAN, 2004; PERERA; SMITH, 2007). Entretanto, sabe-se que as frutas e hortaliças processadas minimamente se comportam de maneira distinta dos produtos inteiros. Mesmo hortaliças subterrâneas que possuem uma vida pós-colheita relativamente maior que outras hortaliças, depois de processadas minimamente tornam-se produtos altamente perecíveis, com uma vida útil curta. Isso ocorre devido ao aumento no metabolismo, causado pelas células danificadas nas etapas de descascamento e corte e pela maior área de superfície exposta à atmosfera aumentando significativamente o metabolismo (BRECHT et al., 2007; CENCI, 2011). Por isso, se faz necessário estudar a fisiologia e o manuseio específicos para cada fruta e hortaliça minimamente processada, a fim de compreender as principais alterações que ocorrem, visando estabelecer métodos que possam reduzir tais mudanças.

Para avaliar a qualidade da cebola, podem-se considerar atributos sensoriais, componentes químicos e algumas características físicas, como aparência, textura, sabor e aroma e aspectos nutricionais (CHITARRA; CHITARRA, 2005; KADER, 2002). Algumas das avaliações mais encontradas para a cebola são: perda de umidade, respiração, cor, teores de acidez titulável e de sólidos solúveis, relação sólidos solúveis e acidez titulável ("ratio"), quantidade de compostos voláteis, de compostos fenólicos e de flavonóides, grau de pungência e análises microbiológicas.

2.4 Redução do metabolismo de produtos minimamente processados

Por se tratarem essencialmente de produtos que sofreram grandes injúrias, os PMP possuem metabolismo acelerado, que se caracteriza, principalmente, pela alta atividade respiratória e aumento na síntese de etileno, podendo estar acompanhado de indução nos processos de cicatrização (BRECHT, 1995; JACOMINO et al., 2004). No caso de cebola, a produção de etileno é praticamente nula (SUSLOW, 2006). Dessa forma, a manutenção da qualidade de seus PMP está vinculada à redução da atividade respiratória que é um atributo importante, pois é indicador da atividade

metabólica, e por consumir reservas energéticas. Além disso, segundo Brecht (1995), a capacidade de armazenamento de um produto minimamente processado será tanto maior quanto menor for seu metabolismo.

Para que haja redução no metabolismo de PMP, há diversas técnicas que podem ser utilizadas com esse fim, sendo que a temperatura e o uso de diferentes embalagens foram os primeiros a serem estudados, por ser de fácil implantação nas indústrias de processamento mínimo. A associação do controle da temperatura e o uso de embalagens, que resultem em modificação da atmosfera contribuem para a manutenção da qualidade de PMP, uma vez que reduz de forma eficaz o metabolismo (MORETTI, 2007).

2.4.1 Temperatura

O controle da temperatura é extremamente importante para a manutenção da qualidade de PMP, sendo um dos principais aspectos para diminuir as injúrias provocadas durante o processamento. A taxa metabólica tende a reduzir de duas a três vezes a cada redução de 10°C. Quanto menor é a temperatura de armazenamento, menor será a velocidade de senescência e maior será a vida útil de um produto (BRECHT, 1995; MORETTI, 2007).

Recomenda-se que toda a cadeia produtiva desses produtos tenha um controle de temperatura rigoroso. O ambiente da unidade de processamento deve manter temperaturas de resfriamento, entre 12°C e 14°C (DURIGAN, 2004) e os produtos embalados devem ser mantidos a 0-5°C (ANDRADE; BASTOS; ANTUNES, 2007). Entretanto, Brecht (1995) recomenda que o processamento seja realizado em ambiente mais próximo de 0°C, mantendo temperaturas baixas no armazenamento e no transporte.

Varoquaux e Mazollier (2002) relatam que, segundo normas francesas para produtos minimamente processados, a área de processamento nas indústrias não deve ultrapassar os 12°C, e à medida que o produto avance no fluxograma, da área de corte até a área de embalagem, essa temperatura deve ser reduzida para 4°C. Ainda segundo os autores, deve haver um limite de tempo de exposição a temperaturas acima de 10°C e o vegetal deve registrar temperatura de 0°C a 2°C, antes do acondicionamento, para que o produto não sofra danos até alcançar a temperatura ideal de armazenamento. Além disso, o produto deve ser armazenado

imediatamente a 4 °C, mantendo a temperatura entre 0 °C e 4 °C até ser entregue ao consumidor.

No Brasil, entretanto, não há controle rígido de temperatura, principalmente na comercialização. Pode-se considerar que este é o maior entrave para o aumento da comercialização e consumo de PMP, uma vez que com a quebra da cadeia de frio, há perdas significativas na qualidade desses produtos, fazendo os consumidores desconfiarem da integridade dos mesmos.

Nascimento et al. (2003) encontraram temperaturas muito superiores à recomendada, em gôndolas de PMP de hiper e supermercados do Distrito Federal. Em todos os estabelecimentos, a temperatura estava acima de 10 °C, o que é muito mais alta que a recomendada. Alguns produtos, como couve, alface e mix de saladas, estavam próximas ou acima dos 17 °C. Miguel e Durigan (2007) encontraram a temperatura de 11 °C e 61% UR como condições médias nos comércios varejistas. Estas informações indicam que os estabelecimentos não têm respeitado os limites de temperatura para esses produtos. Como consequência desses atos tem-se desde prejuízos aos comerciantes, por perdas de produtos pela redução da vida útil, até ao consumidor, por elevação na microbiota do produto, o que pode torná-lo um risco à sua saúde (NASCIMENTO et al., 2003).

Pesquisas recentes sobre processamento mínimo de cebola têm indicado que a temperatura de armazenamento está entre 1 °C e 5 °C, com vida útil variando de 7 a 21 dias (BEERLY; VILAS-BOAS; PICOLLI, 2004; COSTA et al., 2011; FORNEY et al., 2012; MUNIZ, 2007; MURCIA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011; PÉREZ-GREGÓRIO et al., 2011; PIERCY et al., 2012; SIDDIQ et al., 2013). A literatura recomenda o armazenamento de cebolas minimamente processada entre 0 °C e 5 °C (GORNLY, 2001).

2.4.2 Embalagens

Juntamente com a temperatura, o uso de embalagens pode auxiliar na manutenção da qualidade de PMP. A associação dessas tecnologias pode reduzir ainda mais o metabolismo do produto e, por consequência, estender sua vida útil. Dentre os benefícios que o uso de embalagens pode trazer estão: redução da perda de vapor d'água e de massa, retardar processos químicos e metabólicos, manter a qualidade do produto, inibir crescimento microbiano, impedir a contaminação, proteger durante a manipulação na comercialização e promover a venda (BRECHT,

1995; CENCI, 2011; KADER, 1986; SOARES, 2002; SOARES; GERALDINE, 2007; ZAGORY, 1998; ZAGORY; KADER, 1988).

O intuito de se utilizar embalagem é que esta proporcione ao vegetal um micro ambiente diferente com composição atmosférica, que minimize sua atividade fisiológica, sem prejudicar a qualidade do mesmo (KADER, 1986; SARANTÓPOULOS, 2011). Esse microambiente é gerado pela modificação da atmosfera interna da embalagem, que em geral é dado pela redução da concentração de oxigênio (O_2) e aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2), pelo processo respiratório. Essa variação deve sempre levar em consideração a fisiologia do vegetal, sua sensibilidade às concentrações desses dois gases e uma atmosfera de equilíbrio, na qual haja redução do metabolismo sem causar injúrias fisiológicas no produto (AL-ATI; HOTCHKISS, 2002; KADER, 1986; PERERA; SMITH, 2007; SOARES; GERALDINE, 2007).

A composição da atmosfera de equilíbrio é conseguida em função da taxa respiratória do vegetal, da temperatura de armazenamento, da taxa de permeabilidade do filme plástico aos gases, da área da embalagem e da massa do produto, uma vez que esses fatores juntos ou separados podem alterar a composição da atmosfera interna da embalagem (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002; SARANTÓPOULOS, 2011; SOARES; GERALDINE, 2007).

A redução de O_2 na embalagem resulta em diminuição da respiração. Segundo a literatura, taxas de O_2 abaixo de 10% também começam a ter ação na redução da respiração dos vegetais (ZAGORY, 1998). Esta redução acontece devido ao O_2 ser usado em reações, e a sua menor disponibilidade reduz a atividade das enzimas oxidantes, o que afeta a continuidade destas reações (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002; PERERA, 2007).

Essas taxas não podem ser menores que 2% para O_2 , uma vez que a respiração passa a ser anaeróbica, e processos fermentativos começam a surgir. Porém, depende da temperatura empregada e do produto. A respiração anaeróbica gera substâncias que causam odores desagradáveis, como acúmulo de ácidos orgânicos, etanol e acetaldeído (CENCI, 2011; KADER, 1986; PERERA, 2007; ZAGORY, 1998), o que descaracterizaria o aroma do produto e pode levar o consumidor a associá-los com deterioração.

O aumento de CO_2 na atmosfera deve passar de 0,03% para acima de 3%, para que comece ter potencial para a redução da respiração (CENCI, 2011). A

influência do CO_2 no metabolismo depende da concentração do gás, do estágio de desenvolvimento do produto e do tempo de exposição a este gás. Dentre as considerações da ação de altas concentrações de CO_2 , está que essa molécula pode ter controle sobre a atividade mitocondrial, afetando o ciclo de Krebs, através da interferência na atividade das enzimas intermediárias (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002). Níveis de CO_2 acima de 10% já inibem o crescimento de microrganismos (BRECHT, 1995; CENCI, 2011; SOARES, 2002; ZAGORY, 1998). Isso porque o dióxido de carbono destrói a membrana celular microbiana e também age reprimindo algumas enzimas metabólicas (LENCKI, 2005).

Taxas muito altas de CO_2 podem causar efeitos fisiológicos ao vegetal e não devem passar do limite crítico (CENCI, 2011; ZAGORY; KADER, 1988). Alguns efeitos como descoloração e escurecimento, interno ou externo, são relatados por Kader (1986) e Lencki (2005). Além disso, pode aumentar a susceptibilidade do produto à deterioração, devido às desordens fisiológicas e também influenciar o crescimento de microrganismos anaeróbios patogênicos (CENCI, 2011).

A mudança na atmosfera pode acontecer de duas formas. Na primeira ou passiva, a modificação ocorre de forma passiva, sendo resultante apenas da respiração do vegetal, na qual há consumo de O_2 e produção de CO_2 , e da permeabilidade do material da embalagem. Nesse caso, há o fechamento hermético da embalagem, com ou sem retirada parcial do ar interno, e o armazenamento à temperatura baixa. A atmosfera de equilíbrio é formada após um período de estocagem e, se desprender de muito tempo para que esse ideal seja atingido, algumas alterações podem ocorrer no produto (BRECHT, 1995; FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002; PERERA; SMITH, 2007; SARANTÓPOULOS, 2011; SOARES, 2002; LENCKI, 2005). Ao se estudar a forma passiva de modificação da atmosfera é preciso considerar a dinâmica e não só as condições no estado final, caso contrário, a embalagem pode não ter o efeito desejado (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

A segunda forma de se modificar a atmosfera é feita ativamente, ou seja, antes da embalagem ser hermeticamente fechada é retirado parcial ou totalmente o ar de seu interior e injetado uma mistura gasosa específica, antes da selagem (BRECHT, 1995; SARANTÓPOULOS, 2011; SOARES, 2002; SOARES; GERALDINE, 2007). Nesse caso, a atmosfera de equilíbrio é atingida mais rapidamente, e, depois de atingida, sua composição não variará ao longo do

armazenamento, se não houver alterações na temperatura ou crescimento de microrganismos. Dessa forma, a manutenção da qualidade dos PMP pode ser mais eficaz (SARANTÓPOULOS, 2011).

Sabe-se que cada vegetal possui um limite de tolerância aos gases, e que essa taxa também varia se o vegetal está íntegro ou minimamente processado (BRECHT, 1995). Gorny (2001) estabeleceu a concentração gasosa adequada para diversas frutas e hortaliças minimamente processadas, em sua temperatura ideal de armazenamento. Para cebola minimamente processada em fatias ou em cubos e armazenada a 0-5°C, a concentração recomendada seria de 2 a 5% de O₂ e 10 a 15% de CO₂, com bom efeito no prolongamento da vida útil desse produto. Entretanto, a aceitabilidade pelos vegetais às concentrações gasosas varia com a espécie e até mesmo com a variedade (PERERA, 2007; SARANTÓPOULOS, 2011; ZAGORY; KADER, 1988), indicando a necessidade de se estudar a especificidade em cada caso.

Dentre todos os materiais disponíveis, os mais usados em PMP são filmes esticáveis de cloreto de polivinila (PVC), filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) e filmes de polipropileno (PP) (SARANTÓPOULUS, 2011; SOARES; GERALDINE, 2007). Os PMP de folhosas são regularmente encontrados em embalagens flexíveis. Cebola, cenoura, acelga, beterrabas e misturas de diversos vegetais são encontradas em bandejas de poliestireno expandido (PSE) revestidas de PVC. As frutas podem ser encontradas tanto em bandejas de PSE revestidas de PVC como em embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) ou de PP com tampas (SARANTÓPOULUS, 2011).

O PVC apresenta alta permeabilidade, portanto, permite trocas gasosas. O PEBD tem permeabilidade intermediária, é mais utilizada no mercado de PMP para empresas de alimentação coletiva por não possuir algumas características atrativas ao consumidor, como boa transparência e alta rigidez. O PP possui boa apresentação ao consumidor, com boa transparência e brilho e boa rigidez. Entretanto, a selagem é seu ponto crítico por ser numa faixa de temperatura muito pequena, o que requer grande atenção no processamento, para que não haja falhas e possíveis aberturas de embalagens. É também muito utilizada para modificação de atmosfera ativa, por ser menos permeável (SARANTÓPOULUS, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O projeto foi conduzido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita, do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

3.2 Cultivar

Foi utilizada cebola roxa, cultivar Crioula Roxa (Figura 1, ANEXO A), tipo comercial, produzidas no município de Ituporanga, SC (27° 24' 52" S - 49° 36' 9" O). Os bulbos foram oriundos da safra 2011/2012. Após a colheita, elas ficaram a campo, para cura, durante 8 dias. Posteriormente, foram destopadas, classificadas (classe caixa 3, com calibre de 50 a 70 mm) e acondicionadas em sacos de rede de fibra plástica, com 20 kg de capacidade. Foram transportadas até o laboratório sem refrigeração. Ao chegarem, foi realizada uma seleção visando deixar as amostras mais uniformes, retirando os bulbos danificados. As cebolas foram armazenadas em câmara fria a 10 °C até o dia seguinte, quando foram submetidos ao processamento mínimo.

3.3 Descrições dos experimentos

Para todos os experimentos realizados, o processamento mínimo foi feito em ambiente higienizado, com desinfetante clorado e etanol a 70%, e refrigerado a 10 °C. Os manipuladores estavam paramentados com os equipamentos de segurança individual, como touca, máscaras, luvas e jalecos descartáveis e botas de segurança.

O processamento mínimo seguiu o fluxograma esquematizado na Figura 2, do ANEXO A. Cada etapa foi conduzida da seguinte maneira:

- a. **Seleção:** realizada no dia do processamento para retirada de eventuais bulbos danificados e/ou deteriorados, que tenham passado despercebido na chegada dos mesmos.
- b. **Lavagem e enxágue:** parte dos catáfilos externos foi retirada manualmente e realizada uma lavagem superficial com o auxílio de uma esponja macia, a fim de retirar os resíduos de terra que ainda permaneciam no bulbo. Logo após, as cebolas foram enxaguadas em água corrente.

- c. **Descascamento manual:** com o auxílio de facas, foram retirados os catáfilos externos, até que não houvesse mais catáfilos secos. Também foram retirados talos, colos, pratos e raízes de cada bulbo.
- d. **Sanitização:** foi realizada com a imersão dos bulbos em solução com sanificante clorado específico para hortifrutícolas, marca StartClor®, sendo preparado uma solução a 0,5% na qual as cebolas ficaram imersas por 10 minutos, conforme indicação do fabricante. Esse produto tem como composto ativo o dicloroisocianurato de sódio, fabricado pela empresa Lima & Pergher Indústria, Comércio e Representações Ltda, Uberlândia (MG).
- e. **Corte em processador industrial:** as cebolas foram colocadas no cortador automático, marca Robot Coupe®, modelo CL50E, utilizando as lâminas E/S 5, a qual fatia com 3 a 5 mm de espessura, e a EM/SDIO 3/8, juntamente com a lâmina 28119, as quais produzem cubos com 10 mm de aresta. O produto cortado foi colocado em bolsas de poliamidas perfuradas.
- f. **Sanitização:** imersão das bolsas de poliamidas perfuradas contendo as fatias e os cubos em solução com sanificante clorado específico para hortifrutícolas, com o mesmo produto e da mesma forma que na etapa d.
- g. **Centrifugação:** as bolsas de poliamidas foram colocadas em centrífuga doméstica, marca Arno®, durante 30 segundos, para a retirada do excesso de água do produto, com velocidade de 2000 rpm.
- h. **Pesagem:** a cebola minimamente processada foi pesada em porções de 200 g, para o corte em fatias, e 100 g para o corte em cubos.
- i. **Acondicionamento:** as embalagens utilizadas variaram conforme os experimentos desenvolvidos, conforme descrições a seguir.
- j. **Armazenamento:** foi realizado em câmaras frias, em quatro diferentes temperaturas, 0, 5, 10 e 15°C, de acordo com os experimentos aplicados, e com umidade relativa de 85 a 90%.

3.3.1 Experimento I: Avaliação de temperatura e tipo de corte

Após o processamento, as cebolas foram acondicionadas em embalagens de polipropileno com tampa, com capacidade para 1000 mL e 300 mL. Nas embalagens maiores, foram colocados 200 g de cebola em fatia e na embalagem menor, 100 g de cebola em cubo (Figura 3 do ANEXO A). O armazenamento foi a 0, 5, 10 e 15°C com 85-90% UR. O objetivo foi encontrar a temperatura e o tipo de corte que

conservassem as qualidades da cebola roxa minimamente processada por mais tempo.

As análises físicas e químicas, as determinação dos teores de antocianinas, quercetina e compostos fenólicos e as relacionadas à aparência foram realizadas no dia do processamento (dia zero) e a cada três dias, durante 15 dias. A determinação da pungência foi realizada um dia antes do processamento, para caracterização inicial, e posteriormente, no dia zero e a cada três dias. A atividade respiratória foi realizada diariamente. A contagem microbiológica inicial foi realizada no dia do processamento e ao final de cada tratamento, sendo no 15º dia para cubos e fatias armazenados a 0°C, no 9º dia para cubos a 5°C, no 12º dia para fatias a 5°C, no 6º dia para cubos e fatias a 10°C e no 3º dia para cubos e fatias a 15°C.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 4 x 6 (tipos de cortes x temperaturas x dias de análises) para físicas e químicas, teores de antocianinas, quercetina e compostos fenólicos e as relacionadas à aparência, com quatro repetições, que eram compostas de uma embalagem. Para a pungência, o arranjo fatorial foi 2 x 4 x 7 (tipos de cortes x temperaturas x dias de análises), com três repetições, composta por uma embalagem, analisada em triplicata. Para a atividade respiratória, o arranjo fatorial foi 2 x 4 x 15 (tipos de cortes x temperaturas x dias de análises), com cinco repetições de 200 g, sendo as mesmas do início ao fim do experimento.

3.3.2 Experimento II: Avaliação de tipos de embalagem

Nesse experimento foi utilizada a temperatura recomendada para cebola minimamente processada e também usada em outros produtos, 5°C (ANDRADE; BASTOS; ANTUNES, 2007; GORNY, 2001) e o tipo de corte que melhor conservou a qualidade da cebola 'Crioula Roxa', associado a diferentes embalagens: recipientes de polipropileno (PP) com tampa, com capacidade para 1000 mL; bandejas de polietileno tereftalato (PET), com capacidade para 1000 mL, recobertas por filmes de cloreto de polivinila (PVC) de 14 µm, de polipropileno (PP) de 10 µm e de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 10 µm (Figura 4 do ANEXO A). Em todas as embalagens foram colocado 200 g de cebola. O armazenamento foi realizado a 85-90% UR. O objetivo foi avaliar a utilização de embalagens de fácil aquisição e sua interferência sobre as características da cebola roxa minimamente processada.

As análises físicas e químicas, bioquímicas e microbiológicas foram realizadas no dia do processamento (dia zero) e a cada três dias, durante 12 dias. A análise de pungência também foi realizada um dia antes do processamento, para caracterização inicial, e posteriormente no dia zero e a cada três dias.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4 x 5 (embalagens x dias de análises) para as análises realizadas a cada 3 dias, com quatro repetições, composta por uma embalagem, exceto para a análise de composição gasosa que foram utilizadas nove repetições de uma embalagem, sendo que cinco delas foram as mesmas do início ao fim do experimento e as outras quatro, as que seriam utilizadas nas análises destrutivas. Para a pungência, o arranjo fatorial foi de 4 x 6 (embalagens x dias de análises), com três repetições, composta por uma embalagem, sendo cada repetição realizada em triplicata.

3.4 Determinações

As seguintes variáveis foram analisadas:

- a) **Pungência:** foi estimada pelo método descrito por Schwimmer e Weston (1961), modificado por Anthon e Barrett (2003). Sua quantificação foi feita por espectrofotometria, baseando-se na reação de 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) com grupos carbonilas e resultantes da reação da aliinase com os compostos precursores do flavor da cebola. Esta relação permite avaliar o desenvolvimento enzimático do ácido pirúvico como medida do grau de pungência em cebolas. Foram pesadas duas porções de 50 g de amostra, sendo uma delas submetidas ao forno de microondas por 50 segundos, em potência alta. Após adicionar água destilada na proporção 1:1 (p:p), em ambas as porções, elas foram trituradas e deixadas em repouso, por 10 minutos. Filtrou-se o macerado em duas camadas de gaze e o filtrado foi centrifugado por 5 min a 9520 xg. Foram pipetados 1,0 mL de cada extrato, 3,0 mL TCA a 5% e 16,0 mL água destilada em tubos de ensaio. Estes tubos foram agitados em vórtex e deixados em repouso, por 1 hora. Para a determinação do ácido pirúvico, foram transferidos 1 mL destas soluções para outro tubo de ensaio, com adição de 1 mL da solução de DNPH e 1 mL de água e agitados em vórtex. Estes tubos foram deixados em banho aquecido a 37°C por 10 minutos e imediatamente resfriados em banhos de água e gelo. Adicionou-se 5 mL de NaOH 0,6 mol L⁻¹ aos tubos e agitou-os em vórtex,

deixando-os em repouso por 5 minutos para o desenvolvimento de cor. A absorbância foi lida em espectrofotômetro, a 515 nm. Os resultados foram calculados utilizando-se curva padrão de ácido pirúvico, e expressos em micromoles de ácido pirúvico por grama de massa fresca. As cebolas foram classificadas quanto à pungência, de acordo com o indicado pelo “VLI Sweet Index” (VLI Sweet Index™ (VIDALIA LAB SERVICES, 2004¹ apud MIGUEL; DURIGAN, 2007; GIL, 2008), através da quantidade de ácido pirúvico determinado, usando-se a escala: “muito suave” (0 a 2,9 μmol ácido pirúvico g^{-1}), “suave” (3,0 a 4,2 μmol ácido pirúvico g^{-1}), “levemente pungente” (4,3 a 5,5 μmol ácido pirúvico g^{-1}), “pungente” (5,6 a 6,3 μmol ácido pirúvico g^{-1}), “pungência forte” (6,4 a 6,9 μmol ácido pirúvico g^{-1}), “pungência muito forte” (7,0 a 7,9 μmol ácido pirúvico g^{-1}) e “picante” (8,0 a 10,0 μmol ácido pirúvico g^{-1}).

- b) **Quantificação de compostos fenólicos totais:** esta determinação foi feita pelo método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, com alteração do agente extrator. Pesou-se 1,0 g de amostra triturada em tubos de centrífuga e adicionou-se 9 mL de água destilada. Após centrifugação por 30 minutos a 9520 xg, uma alíquota de 0,5 mL do sobrenadante foi transferida para tubo de ensaio, adicionando-se também 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu a 10% (v:v). Após agitação, esperou-se 5 minutos e adicionou-se 2,0 mL de carbonato de sódio a 4% (v:v). Após duas horas no escuro, em temperatura ambiente, a absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro, a 765 nm. O teor de fenólicos foi calculado utilizando-se curva padrão com ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de massa fresca de cebola.
- c) **Quantificação de antocianinas:** realizada conforme preconizado pelo método por Lees e Francis (1972). Dez gramas de cebola triturada foi submetida a 10 mL de solução extratora de etanol a 95% e HCl a 1,5 N (85:15 v/v), agitada e deixada em repouso por 12 horas a 4°C ao abrigo da luz. Em seguida, o macerado foi filtrado e o resíduo, exaustivamente lavado com a solução extratora, até a remoção completa do pigmento. O extrato final foi deixado em temperatura ambiente e ao abrigo da luz por 2 horas, com posterior leitura da

¹ VIDALIA LAB SERVICES, Inc. (Vidalia, Georgia). VLI Sweet index (Sweetometer). 2004, 7 de outubro.

absorbância a 535 nm. O teor de antocianinas totais foi expresso em miligramas por 100 gramas de cebola, quantificado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Antocianinas totais} = \frac{\text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}}{98,2}$$

Onde:

$$\text{Fator de diluição} = \left(\text{Volume do extrato} / \text{Volume da alíquota} \right) \times 100$$

- d) **Quantificação de quercetinas:** foi realizada pelo método de Lees e Francis (1972), como o descrito para antocianinas. O extrato final foi submetido à leitura espectrofotométrica a 374 nm e o teor de quercetina totais foi expresso em miligramas de quercetina por 100 gramas de cebola, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Quercetina totais} = \frac{\text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}}{76,6}$$

Onde:

$$\text{Fator de diluição} = \left(\text{Volume do extrato} / \text{Volume da alíquota} \right) \times 100$$

- e) **Taxa respiratória:** determinada apenas no experimento I. Para a determinação da taxa respiratória, cerca de 200 g de cebolas minimamente processadas foram colocadas em frascos de vidro com capacidade de 500 mL, previamente expostos às condições de temperatura e umidade dos experimentos. Os frascos foram fechados periodicamente e permaneceram herméticos por períodos de 1 hora. Em cada tampa foi colocado um septo de silicone através do qual se retirava 0,5 mL de amostra de gás, com seringa de 1 mL. Cada amostra coletada foi injetada em cromatógrafo a gás, marca Thermo Electron Corporation, modelo Trace GC Ultra, equipado com dois detectores de ionização de chama (FID). Os resultados foram calculados com base nas determinações cromatográficas, massa das cebolas contidas nos frascos e tempo que os frascos permaneceram fechados, sendo expressos em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹;
- f) **Composição gasosa no interior da embalagem:** a determinação desta composição gasosa foi realizada apenas no experimento II, utilizando-se analisador de gases marca Illinois Instruments, modelo “6600 Headspace Oxygen/Carbon dioxide analyzer”. Septos de silicone foram fixados nas embalagens, através dos quais foram coletadas amostras da atmosfera interna das mesmas. Os resultados foram expressos em porcentagem de O₂ e de CO₂;

- g) **Teor de sólidos solúveis (SS):** foi determinado através de leitura direta em refratômetro digital de mesa, marca Atago, modelo Palete 101, de gotas extraídas do bulbo triturado em centrífuga doméstica. Os resultados foram expressos em °Brix, conforme metodologia da AOAC (2010);
- h) **Acidez titulável (AT):** utilizou-se para esta quantificação a titulação potenciométrica, com NaOH a 0,1 mol L⁻¹, até pH 8,2, onde se considera que todo ácido pirúvico foi titulado. A acidez foi expressa em porcentagem de ácido pirúvico por grama de cebola, conforme metodologia da AOAC (2010);
- i) **pH:** tomou-se 10 g de suco da cebola extraído em centrífuga doméstica, que foram adicionados de 90 mL de água destilada. A leitura foi feita utilizando-se pHmetro digital, com eletrodo de vidro, marca Tecnal, modelo Tec-2, conforme indicado pela AOAC (2010);
- j) **Coloração:** foi utilizado o equipamento MINOLTA CHROMA METER CR-300, cujas leituras permitiram calcular os valores de Luminosidade (L*), ângulo Hue ou de cor (°h) e cromaticidade (C) (MINOLTA CORP., 2007). Foram realizadas 2 leituras em cada fatia de cebola, tendo-se 6 fatias por repetição e 10 leituras em cada embalagem de cebola em cubos.
- k) **Índice de ressecamento e deterioração (IRD):** este índice foi calculado através de atribuição de notas que variaram de 1 a 5, sendo: 1 = ótimo (amostra brilhante, com coloração típica e túrgida); 2 = bom (brilhante, com coloração típica e com leve ressecamento); 3 = regular (cheiro forte, mas não desagradável, ressecamento mais acentuado); 4 = ruim (ressecamento intenso, amolecimento e aparecimento de podridões, coloração atípica e acúmulo de umidade na embalagem); e 5 = péssimo (opaco, murcho, com podridões e cheiro desagradável), como indicado por Miguel e Durigan (2007) e Ficks et al. (2005) (Figura 5 do ANEXO A). As notas foram transformadas em índice através da fórmula:

$$\frac{(0 \times a) + (1 \times b) + (2 \times c) + (3 \times d) + (4 \times e)}{(n^{\circ} \text{ máximo de nota} \times n^{\circ} \text{ de amostra por tratamento})} \times 100$$

Onde:

a = número de amostra na categoria 1

b = número de amostra na categoria 2

c = número de amostra na categoria 3

d = número de amostra na categoria 4

e = número de amostra na categoria 5

- l) **Incidência de podridão (IP):** também foi calculado atribuindo-se notas, de acordo com Ficks et al. (2005), as quais variaram de 0 a 2, onde: 0 (zero) para ausência visual de podridão; 1 para indícios de podridões (aspecto viscoso superficial); e 2 para presença visível de podridões (aparecimento de colônias), como o mostrado na Figura 6, do ANEXO A. As notas foram transformadas em índice pela fórmula:

$$\frac{(0 \times a) + (1 \times b) + (2 \times c)}{(n^{\circ} \text{ máximo de nota} \times n^{\circ} \text{ de amostra por tratamento})} \times 100$$

Onde:

a = número de amostra na categoria 0

b = número de amostra na categoria 1

c = número de amostra na categoria 2

- m) **Análises Microbiológicas:** para a realização das análises microbiológicas foi realizado o preparo da amostra para as análises, exceto para a presença de *Salmonella*. Toou-se 25 g de cebola que foram homogeneizadas em liquidificador por um minuto, com 225 mL de água peptonada a 0,1% (p:v), esterilizada. Todas as análises foram realizadas segundo a metodologia indicada por Silva et al. (2007), a qual tem como base o *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (DOWNES; ITO, 2001);

- I) Análise para *Salmonella*: foram quantificadas pelo kit VIDAS *Salmonella* UP Phage, produzido e comercializado por BioMerieux, Inc., Marcy l'Etoile, França, e considerado o método oficial e aprovado pela AOAC (2005). Para isso, a amostra foi pré-enriquecida em água peptonada tamponada, e encubada a 35°C, por 18-24 horas. Posteriormente, a amostra foi colocada no kit e após a leitura, o resultado foi expresso em ausência ou presença de *Salmonella* em 25 gramas de cebola;
- II) Análise de coliformes totais e termotolerantes: foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP), utilizando três séries de três tubos. Foi realizado o teste presuntivo com o caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), com incubação a 35°C, por 24-48 horas. Após a verificação da ocorrência de tubos com resultado positivo para fermentação, partiu-se para o teste confirmativo, utilizando Caldo Verde Brilhante Bile 2% (CVBB) e Caldo *E. coli* (EC), sendo incubados a 35°C, por 24-48 horas e em banho

aquecido a 45°C por 24 horas, respectivamente. Os resultados foram expressos em número mais provável (NMP) por grama de cebola;

- III) Análise de microrganismos aeróbios psicrotróficos: foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade em meio ágar para contagem padrão (PCA), sendo as placas incubadas em estufa a 7°C, por 10 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de cebola.

3.5 Análise dos resultados

Os resultados obtidos (exceto das análises microbiológicas) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), através do software estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Para as análises microbiológicas, os resultados obtidos foram comparados com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 12 de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), legislação vigente (BRASIL, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Avaliação de temperatura e tipo de corte

Cebolas submetidas à temperatura de 0°C apresentaram, em média, menor pungência que as demais (Tabela 1). Provavelmente, nas cebolas submetidas às temperaturas mais elevadas, que apresentaram menor vida útil, houve deterioração dos tecidos, antes que os ácidos pudessem ser consumidos como substratos para a manutenção das células, mantendo a pungência. O maior período de armazenamento, conseguido com as temperaturas mais baixas pode ser resultado no maior consumo de ácidos como substratos metabólicos ao longo do tempo (Figura 7 do ANEXO B). O corte em fatias manteve maior teor de ácido pirúvico que o corte em cubos.

Tabela 1 - Médias dos resultados de pungência e dos teores de compostos fenólicos, antocianinas e quercetinas para cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 15 dias

		Pungência ($\mu\text{mol AP g}^{-1} \text{ mf}$)	Compostos Fenólicos ($\text{mg EAG g}^{-1} \text{ mf}$)	Antocianina ($\text{mg 100 g}^{-1} \text{ mf}$)	Quercetina ($\text{mg 100 g}^{-1} \text{ mf}$)
Temperatura	0°C	5,425 b	337,766 b	8,392 a	19,362 a
	5°C	6,029 a	327,002 b	5,732 b	19,585 a
	10°C	6,079 a	331,388 b	6,604 ab	21,074 a
	15°C	6,346 a	395,366 a	5,679 b	18,873 a
Corte	Cubo	5,147 b	337,961 a	6,080 b	19,595 a
	Fatia	6,560 a	343,537 a	7,714 a	19,789 a
Dias	-1	8,309 a	-	-	-
	0	5,465 bc	334,715 c	6,352 b	22,091 a
	3	5,467 bc	335,239 bc	5,627 b	19,428 abc
	6	4,948 c	321,482 c	10,637 a	21,239 ab
	9	5,629 b	336,011 bc	7,125 b	17,767 bc
	12	5,164 bc	372,006 ab	5,367 b	15,714 c
	15	3,681 d	408,710 a	5,186 b	16,375 c
	C.V.	22,31%	10,58%	39,01%	19,37%

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AP = ácido pirúvico; EAG = equivalente de ácido gálico; -1 = antes do processamento.

Houve redução de 34% no teor de pungência decorrente do processamento mínimo. Essa redução foi, provavelmente, resultante da ruptura celular causada nos procedimentos de descascamento e corte. Com isso, substâncias responsáveis pela

pungência, como os ácidos organosulfurados, foram extravasadas (ANTHON; BARRETT, 2003; BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010; CHEMELLO, 2005; KETTER; RANDLE, 1998; LANZOTTI, 2006; SCHWIMMER; WESTON, 1961). Esse extravasamento foi intensificado nas duas etapas de higienização, na qual compostos foram lixiviados pela água (BRECHT et al., 2007), sendo que quanto maior a intensidade do corte, maior a lixiviação. Desse modo, o corte em fatias pode ter proporcionado maiores teores de ácido pirúvico que o corte em cubos, explicando em parte, a maior pungência como mencionado anteriormente para o corte em fatias.

Houve perda gradativa na pungência durante o armazenamento. No 15º dia, foi possível observar redução de 32% em relação ao dia zero e de 55% em relação à pungência antes do processamento. É possível que essa redução esteja relacionada ao uso de ácidos na respiração, já que eles constituem substratos respiratórios.

A redução da pungência ao longo do período de armazenamento também foi observada por Miguel e Durigan (2007) em cebola amarela ‘Superex’ minimamente processada após diferentes períodos de armazenamento a 11 °C. Entretanto, Muniz (2007) observou que os teores de pungência mantiveram-se estáveis durante o armazenamento de cebolas ‘Optima’ e ‘CNPH 6400’ minimamente processadas a 5 °C.

De acordo com a escala da VLI Sweet Index™ (VIDALIA LAB SERVICES, 2004² apud MIGUEL; DURIGAN, 2007; GIL, 2008) que classifica as cebolas baseando-se na quantidade de ácido pirúvico, as cebolas roxas utilizadas nesse experimento foram classificadas como “picante”. Essa classificação coincide com a atribuída por Grangeiro et al. (2008) e Chagas, Resende e Pereira, (2002) para a variedade Crioula. No entanto, logo após o processamento as cebolas roxas puderam ser classificadas como “pungente” e como “suave” ao final do experimento.

Segundo Anthon e Barrett (2003), a diferença de 1 µmol ácido pirúvico g⁻¹ já é percebida no sabor da cebola. Considerando o aumento na demanda por bulbos com menor pungência para consumo direto (VILELA et al., 2004; VILELA et al., 2005), a redução da pungência nas cebolas minimamente processadas pode promover aumento do consumo desses produtos.

² VIDALIA LAB SERVICES, Inc. (Vidalia, Georgia). VLI Sweet index (Sweetometer). 2004, 7 de outubro.

O teor de compostos fenólicos foi influenciado pela temperatura e pelo tempo de armazenamento (Tabela 1). As cebolas submetidas à temperatura de 15°C apresentaram 17% a mais de compostos fenólicos. Houve incremento de 22% no teor desses compostos ao final dos 15 dias de armazenamento.

O aumento de compostos fenólicos está associado à estratégia de defesa da planta contra estresses e radicais livres formados durante os processos do metabolismo vegetal (SILVA, 2010). As cebolas armazenadas sob a maior temperatura apresentaram elevada atividade metabólica comparada às armazenadas em temperaturas inferiores, resultando na maior produção de compostos fenólicos. A utilização da temperatura adequada pode minimizar a alteração de compostos ao longo do armazenamento (MORETTI, 2007).

Muniz (2007) observou que, em cebolas minimamente processadas logo após a colheita, houve redução de compostos fenólicos até o terceiro dia após o processamento, seguido de aumento até o final do período de armazenamento.

Siddiq et al. (2013) encontraram aumento no teor de compostos fenólicos durante o armazenamento de cebolas minimamente processadas. Segundo esses autores, o aumento foi decorrente da resposta fisiológica da cebola ao estresse causado pelo corte e pelo tratamento empregado.

Cebolas armazenadas a 0°C apresentaram maiores conteúdos de antocianinas (Tabela 1). Além disso, a 0°C, houve menor redução do teor destas substâncias ao longo do armazenamento (Figura 7e e Figura 7f do ANEXO B). O tipo de corte também influenciou o conteúdo de antocianinas. O produto cortado em fatias apresentou teor de antocianinas 27% superior ao verificado no cortado em cubos. Provavelmente, isso ocorreu devido ao corte em fatias proporcionar maior integridade celular, o que levou a menor perda de antocianinas (Figura 7e e Figura 7f do ANEXO B).

No sexto dia de armazenamento houve um incremento de 67% no teor de antocianinas, decorrente do aumento desse pigmento na cebola fatiada a 0°C (Figura 7f, ANEXO B). Esse resultado pode ser decorrente ao aumento da biossíntese de antocianinas em resposta ao estresse provocado pela temperatura de armazenamento, bem como aos cortes realizados. Atuando como antioxidante, a antocianina pode aumentar a tolerância do vegetal à temperatura de refrigeração (GOULD; LISTER, 2006).

Estudos também relataram acréscimo de antocianinas em cebolas roxas minimamente processadas e armazenadas a 4°C (COSTA et al., 2013) e a 8°C (FERRERES; GIL; TOMÁS-BARBERÁN, 1996), e também foi relacionado com a biossíntese de antocianinas causada pela baixa temperatura, ou devido a uma resposta metabólica ao fermento produzido no processamento.

Não houve variação no teor de quercetina entre as temperaturas empregadas e os tipos de cortes utilizados (Tabela 1). Entretanto, houve redução gradativa ao longo dos dias, alcançando 26% após 15 dias de armazenamento. Essa queda pode ser atribuída à função de antioxidante que este composto exerce nos tecidos vegetais (LAKHANPAL; RAI, 2007; BENTZ, 2009), e é consumido durante o armazenamento, já que este é considerado o antioxidante mais poderoso da classe dos flavonoides (LAKHANPAL; RAI, 2007).

Outros estudos também mostram redução de quercetina em cebolas minimamente processadas ao longo do armazenamento (MUNIZ, 2007; PRICE; BACON; RHODES, 1997; PRICE; RHODES, 1997).

Apesar da redução de quercetina durante o armazenamento, a cebola minimamente processada ainda continha níveis de quercetina elevados comparados a produtos não processados, como coentro (52,90 mg 100g⁻¹), chicória (31,51 mg 100g⁻¹) e agrião (29,99 mg 100g⁻¹) (*United States Department of Agriculture*, 2011), demonstrando que o processamento mínimo ainda mantém a cebola como umas das hortaliças mais ricas em quercetinas.

A taxa respiratória foi maior com o aumento da temperatura. As cebolas armazenadas a 15°C apresentaram taxa 8 vezes maior que as cebolas mantidas a 0°C (Tabela 2). O tipo de corte não influenciou a respiração.

No dia do processamento a produção de CO₂ foi de 10,350 mL kg⁻¹ h⁻¹, mostrando a reação ao estresse causado nas etapas de descascamento e corte. Essa é uma resposta do vegetal ao processo de cicatrização do tecido danificado, já que é através da respiração que ocorre a formação de metabólitos secundários e o suprimento de energia necessário para uma tentativa de restauração do metabolismo normal (BRECHT et al., 2007; TOIVONGN; DeELL, 2002).

No primeiro dia de armazenamento, houve queda de 12% na respiração, mostrando redução do metabolismo com a aplicação da temperatura. No terceiro e sexto dia, registraram-se os maiores valores, coincidindo com o término dos tratamentos armazenados a 15°C e 10°C, respectivamente. Isso mostra um

incremento na respiração no fim da vida útil das cebolas, devido ao metabolismo acelerado resultante da senescência, ou também da presença de microrganismos na amostra (Figura 8, do ANEXO B). Do 13º dia até o final do período, a respiração apresentou valores semelhantes ao verificado inicialmente. Nesse período só estava viável o tratamento a 0°C, que apresentou baixa taxa respiratória ao longo de todo o armazenamento.

Tabela 2 - Médias da taxa respiratória em cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 15 dias

		Taxa Respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹)
Temperatura	0°C	5,568 c
	5°C	17,775 b
	10°C	18,993 b
	15°C	46,492 a
Corte	Cubo	15,729 a
	Fatia	16,046 a
Dias	0	10,350 fghi
	1	9,145 hij
	2	16,677 cde
	3	34,179 a
	4	12,407 efgh
	5	13,681 defg
	6	21,186 b
	7	16,046 cde
	8	20,060 bc
	9	17,822 bcd
	10	14,201 def
	11	15,242 de
	12	9,548 ghij
	13	5,283 j
	14	7,105 ij
	15	7,996 hij
C.V.		24,58%

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Outro aspecto a ser considerado é que a durabilidade das cebolas esteve diretamente associada à temperatura de armazenamento, dado que quanto menor a temperatura, maior foi a vida útil do produto. Altos níveis de produção de CO₂ estão diretamente relacionados com a diminuição da vida útil (TOIVONEN; DeELL, 2002). O controle da temperatura é um dos principais aspectos para minimizar as injúrias provocadas durante o processamento; quanto menor a temperatura de armazenamento, menor será a velocidade de senescência de um produto (MORETTI, 2007).

Gorny³ (1997; apud GIL, 2008) encontrou valores próximos aos deste trabalho para cebolas minimamente processada em fatias (2 mm de espessura) e cubos (1 cm²) armazenadas a 2, 5, 10 e 23°C. No estudo, houve incremento da produção de CO₂ juntamente com o aumento da temperatura, independente do tipo de corte utilizado. Gil (2008) também observou que a elevação da temperatura resulta em maior taxa respiratória em cebolas ‘Vermelha de Póvoa’, cortadas em cubo.

Cebolas armazenadas a 15°C registraram em média os menores teores de sólidos solúveis, assim como as submetidas ao corte em cubos (Tabela 3). Tanto o armazenamento em altas temperaturas quanto os cortes intensos podem provocar o aumento do metabolismo de vegetais, fazendo com que as reservas energéticas, como os sólidos solúveis, sejam utilizadas com mais intensidade (BRECHT et al., 2007). Ademais, os danos causados na estrutura celular pelo corte, fazem com que parte do material interno seja eliminado, reduzindo também o teor de sólidos solúveis mais intensamente no corte em cubos (TOIVONEN; DeELL, 2002).

Houve redução de 8% no conteúdo de sólidos solúveis no terceiro dia. Ao final, o teor caiu 7%, em relação ao dia zero. Isso provavelmente ocorreu devido ao uso desses sólidos como fonte de substrato para a manutenção celular.

Outros estudos mostraram redução de sólidos solúveis e açúcares totais durante o armazenamento de cebola amarela minimamente processada (BEERLI, 2002; BLANCHARD et al., 1996; MIGUEL; DURIGAN, 2007), sendo que também foi mostrada a relação desses componentes com o incremento da respiração (BLANCHARD et al., 1996).

³ GORNY, J.R. A summary of CA and Ma requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: GORNY, J.R. (ed). **Fresh-cut fruits and vegetables and MAP**. Davis CA, 1997, vol 5. p. 30-67.

A menor porcentagem de acidez foi encontrada nas cebolas submetidas a 5°C, enquanto que a maior foi registrada tanto a 15°C quanto a 0°C (Tabela 3). O corte em cubos resultou em acidez 20% superior à verificada nas fatias. No decorrer do armazenamento, houve aumento gradativo da acidez, totalizando um incremento de 65% do dia zero para o dia 15.

Tabela 3 - Médias dos teores de sólidos solúveis e de acidez titulável e do pH para cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 15 dias

		Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez titulável (% AP g ⁻¹)	pH
Temperatura	0°C	10,156 a	0,248 a	5,094 c
	5°C	10,297 a	0,178 c	5,406 a
	10°C	10,221 a	0,202 b	5,248 b
	15°C	9,625 b	0,251 a	4,924 d
Corte	Cubo	9,995 b	0,244 a	5,068 b
	Fatia	10,278 a	0,195 b	5,309 a
Dias	0	10,675 a	0,198 d	5,482 a
	3	9,806 b	0,206 cd	5,185 bc
	6	10,229 ab	0,211 bcd	5,236 b
	9	9,925 b	0,233 bc	5,107 bc
	12	9,925 b	0,238 b	5,070 c
	15	9,837 b	0,327 a	4,287 d
C.V.		5,35%	12,26%	2,84%

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AP = ácido pirúvico.

A acidez está relacionada com o conteúdo de ácidos orgânicos. Nesse trabalho, cebolas armazenadas a 15°C e a 0°C apresentaram os maiores valores de compostos fenólicos, bem como a maior acidez, assim como cebolas a 5°C apresentaram o menor conteúdos desses compostos e a menor acidez. Também houve aumento de fenólicos no decorrer do armazenamento, juntamente com aumento da acidez.

Resultados semelhantes foi encontrado por Bianco et al. (2006), os quais verificaram tendência de aumento na acidez titulável durante o armazenamento de cebolas minimamente processadas. Miguel e Durigan (2007), também encontraram incremento na acidez, sendo devido à aceleração do metabolismo causado pelo estresse mecânico durante o corte da cebola.

O produto armazenado a 5°C apresentou o maior valor médio de pH, enquanto que os menores valores foram encontrados naqueles armazenados a 15°C (Tabela 3). Em relação ao tipo de corte, os produtos em fatias apresentaram pH maior que os cortados em cubos. Durante o armazenamento, o pH passou de 5,482% no dia zero para 4,287%, no 15º dia, com redução de 22%.

Assim como a acidez, o pH está associado com o nível de ácidos orgânicos. Devido à acidez desses compostos, quanto maior seu conteúdo, mais ácido fica o meio e menor o pH. Isso explica o armazenamento a 5°C ter o pH mais elevado e o baixo conteúdo de fenólicos, como também os produtos a 15°C terem pH menor e a concentração de compostos fenólicos mais alta.

Em outros trabalhos foram encontrados valores de pH variando de 5,18 a 5,61 em diversas variedades de cebolas, concordando com o observado neste (BEERLI, VILAS BOAS; PICCOLI, 2004; SCHUNEMANN et al., 2006). Costa et al. (2011) e Gil (2008) também encontraram redução de pH ao longo do armazenamento em cebolas minimamente processadas.

Cebolas armazenadas a 5°C apresentaram, em média, os maiores valores de luminosidade e ângulo de cor, e os menores valores de cromaticidade (Tabela 4), resultando em brilho mais intenso que as demais. O armazenamento a 15°C resultou em menores valores para a luminosidade e ângulo de cor e maiores para cromaticidade. O corte em fatias levou a maior luminosidade e ângulo de cor do que o corte em cubos, porém com menores valores de cromaticidade. Durante o armazenamento, houve redução de 13% na luminosidade do dia zero ao 15º dia, indicando perda de brilho dos produtos. Houve aumento gradual na cromaticidade do dia zero ao 15º dia, totalizando incremento de aproximadamente 50% no período. Não houve diferença estatística no decorrer dos dias para o ângulo de cor.

A variação na coloração pode ser explicada pela peculiaridade encontrada nos produtos da cebola roxa. Ao longo do armazenamento, mas principalmente no fim da vida útil, em todas as temperaturas estudadas, as antocianinas presentes na última camada de células no tecido epidérmico dos catáfilos migraram para as outras células que não continham o pigmento, deixando a amostra rosada e descaracterizada (Figura 5, do ANEXO A). Isso ocorreu de forma mais intensa nas cebolas cortadas em cubo, indicando que a intensidade do corte interferiu nesse processo. Esse fenômeno afetou os três parâmetros da cor.

Outro fator que pode ter gerado a diferença entre os tipos de corte é que, devido os cubos não proporcionarem um padrão na superfície, gerando aglomeração durante a mensuração da cor, pode ter ocorrido maior a medição na parte que contém os pigmentos, mascarando a porção branca da amostra. Já as fatias apresentaram superfície uniforme em todas as medições, com partes brancas e roxas iguais nos dias de análise.

Tabela 4 - Médias de luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor em cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias, e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 15 dias

		Luminosidade (L*)	Cromaticidade (C)	Ângulo de Cor (°h)
Temperatura	0°C	43,205 b	7,811 ab	33,008 ab
	5°C	46,999 a	7,424 b	39,974 a
	10°C	44,107 ab	7,715 ab	35,363 ab
	15°C	42,321 b	8,401 a	30,817 b
Corte	Cubo	32,125 b	8,919 a	13,567 b
	Fatia	55,843 a	6,666 b	55,488 a
Dias	0	46,115 a	6,860 c	32,961 a
	3	43,170 ab	7,652 bc	33,409 a
	6	43,502 ab	7,694 bc	36,586 a
	9	45,046 ab	8,235 b	34,218 a
	12	46,563 a	8,177 b	44,536 a
	15	40,107 b	10,351 a	35,191 a
	C.V.	11,30%	15,35%	34,52%

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Além disso, nos catáfilos mais internos (“miolo”) houve mudança na coloração, de branca para amarela, sendo mais visível no corte em fatias. Também foi possível observar a ocorrência de início de translucência durante o armazenamento, principalmente nas fatias. O corte em cubos pode ter apresentado maior perda de água superficial, uma vez que possui maior área de superfície exposta e mais células danificadas. A translucência e a perda de água superficial também podem ter ocasionado a diferença nos parâmetros de coloração, entre os cortes e ao longo dos dias de armazenamento.

Na literatura é relatado que o amarelecimento e a translucência são as principais alterações de qualidade visual observada em cebola minimamente processada (BLANCHARD et al., 1996; LIU; LI, 2006) e que o corte expõem os

tecidos interiores hidratados e aumentam a taxa de evaporação de água (BRECHT et al., 2007). A redução nos valores do ângulo de cor e a alteração na cromaticidade podem indicar o amarelecimento.

Miguel e Durigan (2007) encontraram redução da luminosidade ao longo do armazenamento em cebola minimamente processada, sendo justificado pelo escurecimento enzimático causado pela formação de metabólitos secundários, como resultado do corte. Também encontraram aumento na cromaticidade e estabilidade nos valores do ângulo de cor ao longo do armazenamento. Esses autores também observaram um amarelecimento nas amostras.

Gil (2008) encontrou maior variação na luminosidade e na cromaticidade com o aumento da temperatura em cebola roxa cortada em cubos. Ele também encontrou dificuldades na mensuração da cor dos cubos devido à presença de pigmentos na última camada das escamas das cebolas e em função da irregularidade da superfície de mensuração. Além disso, relatou alteração visível na coloração das cebolas, que resultou em amarelecimento das amostras.

O índice de ressecamento e deterioração aumentou gradativamente com o aumento da temperatura. Enquanto que a 0°C este índice foi de aproximadamente 34%, a 15°C ele alcançou 79% (Tabela 5). O tipo de corte utilizado não influenciou essa variável. Ao longo do armazenamento foi evidente o aumento no índice de ressecamento e deterioração.

Individualmente, a cebola roxa em cubos manteve notas de índice de ressecamento e deterioração de 60% (nota 3) considerado aceitável até o terceiro, sexto, nono e décimo quinto dia para os produtos armazenados a 15°C, 10°C, 5°C e 0°C, respectivamente. Para as fatias, o índice aceitável permaneceu até o terceiro, sexto, décimo segundo e décimo quinto dia para 15°C, 10°C, 5°C e 0°C, respectivamente (Figura 11, do ANEXO B).

Um dos principais fatores observados na aparência da cebola, como comentado anteriormente, foi a descaracterização da coloração, em razão da migração de antocianinas para as camadas despigmentadas e o amarelecimento dos catáfilos mais internos, principalmente no corte em fatias. Com o passar do tempo foi possível observar que as cebolas começavam a apresentar uma viscosidade superficial, devido ao desenvolvimento de microrganismos, além de um pequeno acúmulo de água no interior da embalagem.

Miguel e Durigan (2007) encontraram evolução na escala de notas para a aparência, sendo que até o décimo dia as notas se mostraram aceitáveis em todos os tratamentos. Ficks et al. (2005) encontraram aparência aceitável por até 8 dias para cebolas minimamente processadas em cubos e 12 dias para aquelas cortadas em fatias.

Tabela 5 - Médias do índice de ressecamento e deterioração e do índice de podridão em cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias, e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 18 dias

		Índice de Ressecamento e Deterioração (%)	Índice de Podridão (%)
Temperatura	0°C	33,929 d	23,214 d
	5°C	44,643 c	38,393 c
	10°C	66,518 b	64,286 b
	15°C	79,018 a	82,143 a
Corte	Cubo	56,920 a	55,357 a
	Fatia	55,134 a	45,661 b
Dias	0	0,000 g	0,000 g
	3	17,187 f	18,750 f
	6	44,531 e	37,500 e
	9	63,281 d	51,562 d
	12	76,562 c	65,625 c
	15	90,625 b	90,625 b
	18	100,000 a	100,000 a
C.V.		14,61%	18,54%

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O índice de podridão apresentou diferença entre todas as temperaturas utilizadas, aumentando com o incremento da temperatura (Tabela 5). O tipo de corte também resultou em diferença significativa, sendo que o corte em cubos apresentou maior índice de podridão. Essas podridões foram causadas pela bactéria *Burkholderia cepacia* (sinonímia de *Pseudomonas cepacia*), sendo o principal agente causal da podridão bacteriana da escama.

No decorrer do armazenamento, houve aumento no índice de podridão atingindo 100% no dia 18.

Individualmente, a cebola roxa armazenada a 15°C apresentou podridão aparente no terceiro dia (Figura 11, do ANEXO B). A 10°C, houve aparecimento de podridão no sexto dia, em cubos e fatias. A 5°C, a cebola apresentou incidência de

podridão no nono e décimo segundo dia, para cubos e fatias, respectivamente, e a 0°C, apresentou no décimo quinto dia de armazenamento, para ambos os cortes.

Observa-se que com a redução da temperatura, a podridão se torna menos visível, e faz com que haja prolongamento da vida útil do produto. Além disso, o tipo de corte também influencia nesse parâmetro, sendo que quanto maior for o dano causado aos tecidos, mais rapidamente a incidência de podridão ficará visível.

Independente da temperatura, e do tipo de corte utilizado, não foi encontrado *Salmonella* em 25 g, como exige a legislação RDC n°12, da ANVISA (BRASIL, 2001). As análises de coliformes termotolerantes resultaram em valores $<3,0 \text{ NMP g}^{-1}$, durante todo armazenamento, independente do tratamento, ficando abaixo dos índices tolerados pela legislação (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultados microbiológicos em cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada em cubos e fatias, e armazenada a 0, 5, 10 e 15°C (85-90% UR), por 15 dias

		Coliformes Totais		Coliformes Termotolerantes		Psicrotróficos	
		(NMP g ⁻¹ de cebola)		(NMP g ⁻¹ de cebola)		(UFC g ⁻¹ de cebola)	
		Início*	Fim**	Início*	Fim**	Início*	Fim**
Cubo	0°C	4,3 x 10	3,6 x 10 ³	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	1,8 x 10 ⁶
	5°C	4,3 x 10	> 1,1 x 10 ⁵	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	4,5 x 10 ⁶
	10°C	4,3 x 10	9,2 x 10	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	2,6 x 10 ⁵
	15°C	4,3 x 10	> 1,1 x 10 ⁴	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	3,3 x 10 ⁸
Fatia	0°C	4,3 x 10	4,6 x 10 ⁵	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	2,6 x 10 ⁶
	5°C	4,3 x 10	1,5 x 10 ⁵	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	2,0 x 10 ⁶
	10°C	4,3 x 10	> 1,1 x 10 ⁴	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	5,3 x 10 ⁷
	15°C	4,3 x 10	> 1,1 x 10 ⁴	< 3,0	< 3,0	7,5 x 10 ²	1,4 x 10 ⁶

NMP = número mais provável; UFC = unidades formadoras de colônias. *Início: dia do processamento (dia 0), comum a todos os tratamentos. **Fim: dia 15 para cubos e fatias armazenados a 0°C; dia 9 para cubos a 5°C; dia 12 para fatias a 5°C; dia 6 para cubos e fatias a 10°C; dia 3 para cubos e fatias a 15°C.

Esses resultados mostram que os procedimentos no processamento mínimo foram realizados dentro dos padrões de segurança e higiene alimentar, uma vez que estes microrganismos são associados à contaminação na manipulação de alimentos.

Houve crescimento da população de psicrotróficos e de coliformes totais ao longo do armazenamento (Tabela 6). Inicialmente, a população de psicrotróficos foi de $7,5 \times 10^2 \text{ UFC g}^{-1}$, independente do corte utilizado. Ao final, todos os tratamentos apresentaram valores iguais ou acima de 10^5 UFC g^{-1} , indicando que apesar de os tratamentos ainda apresentarem uma boa aparência, microbiologicamente estavam impróprios para o consumo.

Para coliformes totais, a população inicial foi de $4,3 \times 10^5$ NMP g⁻¹, independente do corte. No final de cada tratamento, a população presente não passou de 10^5 , para nenhum tratamento. Apesar de estar abaixo do recomendado, nenhum dos tratamentos poderiam ser consumidos devido à quantidade de microrganismos psicotróficos presentes, o que comprometeu a segurança do produto.

Apesar de a legislação não contemplar valores máximos para essas classes de microrganismos, sabe-se que produtos com quantidades acima de 10^5 UFC ou NMP g⁻¹ são considerados impróprios para o consumo humano. Produtos com população de microrganismos nesses índices podem comprometer a segurança e as características sensoriais do alimento, por aumentar a probabilidade de presença de patógenos e/ou deterioradores (CARUSO; CAMARGO, 1984).

Com base nos resultados apresentados, ficou claro que quanto menor a temperatura, maior é a vida útil da cebola minimamente processada, sendo que para a cebola em cubos, ela foi de 3, 6, 9 e 15 dias, a 15°C, 10°C, 5°C e 0°C, respectivamente. Para as fatias, a duração foi de 3, 6, 12 e 15 dias, a 15°C, 10°C, 5°C e 0°C, respectivamente. A temperatura que mostrou maior eficiência na manutenção das qualidades da cebola cv. Crioula roxa minimamente processada foi a 0°C, recomendando-a para o armazenamento deste produto. Entretanto, é importante salientar que a utilização desta temperatura pode ser inviável para o produtor/fabricante, devido ao elevado custo com gastos de energia e também porque muitos outros produtos minimamente processados podem sofrer injúrias pelo frio, se colocados abaixo de suas temperaturas mínimas de segurança. Assim sendo, recomenda-se a utilização da temperatura de 5°C, que é a recomendada pela literatura para a maior parte dos produtos minimamente processados. Essa temperatura também apresentou resultados favoráveis à conservação, apesar de resultar em uma vida útil menor.

Também foi possível observar que o corte em cubos levou a alterações fisiológicas mais rapidamente que o corte em fatias, principalmente devido ao maior estresse físico causado por esse tipo de corte, tornando o corte em fatias o mais recomendado para esse produto.

4.2 Experimento II: Avaliação de tipos de embalagem

A pungência não apresentou diferença significativa entre as embalagens utilizadas (Tabela 7). Entretanto, ao longo do armazenamento, houve redução no teor de ácido pirúvico, que passou de 8,31 μmol de ácido pirúvico g^{-1} antes do processamento para 6,69 μmol , no dia zero, e deste, para 5,89 μmol , no último dia. A redução inicial, antes do processamento ao dia zero, é resultado dos procedimentos no processamento mínimo, principalmente das etapas de higienização. Com a lixiviação do conteúdo das células desestruturadas, os ácidos organosulfurados são liberados, reduzindo assim a pungência (ANTHON; BARRETT, 2003; BHAT; DESAI; SULEIMAN, 2010; CHEMELLO, 2005; KETTER; RANDLE, 1998; LANZOTTI, 2006; SCHWIMMER; WESTON, 1961). A redução da pungência durante o armazenamento pode ser devido ao uso de ácidos, dentre eles o ácido pirúvico, que são consumidos como substratos da respiração, na manutenção das células.

Uddin e MacTavish (2003) também verificaram redução da pungência em cebolas 'Hysam' durante o armazenamento a 0,5°C, em atmosfera controlada.

Segundo a classificação da VLI Sweet Index™ (VIDALIA LAB SERVICES, 2004⁴ apud MIGUEL; DURIGAN, 2007; GIL, 2008), as cebolas neste experimento, inicialmente classificadas como "picante", antes do processamento, passaram para "pungência forte", no dia zero e posteriormente para "pungente", no 12º dia, apresentando redução de três níveis na escala, ao final do período analisado.

O conteúdo de compostos fenólicos não diferiu em função das embalagens utilizadas, mas foi afetado pelo tempo de armazenamento (Tabela 7). Em média, houve redução de 17,4% do início (dia zero) até o 3º dia, que aumentou em 9,2% até o 6º dia, seguido de 1,5% de redução até o fim do armazenamento. Esse quadro de instabilidade pode estar ligado ao consumo inicial de compostos fenólicos para acelerar a cicatrização de tecidos injuriados durante o processamento seguido de biossíntese e consumo destes compostos na defesa contra o estresse causado pelo processamento e também contra o crescimento de microrganismos durante o armazenamento (MUNIZ, 2007; SIDDIQ et al., 2013).

⁴ VIDALIA LAB SERVICES, Inc. (Vidalia, Georgia). VLI Sweet index (Sweetometer). 2004, 7 de outubro.

Tabela 7 – Pungência e teores de compostos fenólicos, de antocianinas e quercetina em cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada e submetida a quatro diferentes embalagens, armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens				Médias
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD	
Pungência (μmol ácido pirúvico g ⁻¹ mf)					
-1	8,31	8,31	8,31	8,31	8,31 a
0	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69 bc
3	7,01	6,96	5,76	6,17	6,47 cd
6	5,57	5,17	7,10	6,28	6,02 d
9	7,59	6,50	7,07	7,75	7,23 b
12	-	6,24	6,05	5,39	5,89 d
Médias	7,04 A	6,65 A	6,83 A	6,77 A	
C.V. = 12,99%					
Compostos Fenólicos (mg EAG g ⁻¹ mf)					
0	332,45	332,45	332,45	332,45	332,45 a
3	268,19	276,30	296,42	257,82	274,68 b
6	328,96	291,80	276,20	303,19	300,04 ab
9	292,93	315,20	281,43	315,20	301,19 ab
12	-	307,30	293,75	283,28	294,78 b
Médias	305,63 A	304,61 A	296,05 A	298,39 A	
C.V. = 10,98%					
Antocianina (mg 100g ⁻¹)					
0	8,65	8,65	8,65	8,65	8,65 a
3	5,83	6,01	5,27	4,65	5,44 b
6	5,34	4,14	3,55	4,22	4,31 b
9	2,98	5,16	3,96	4,21	4,08 b
12	-	4,26	4,84	4,62	4,57 b
Médias	5,70 A	5,65 A	5,25 A	5,27 A	
C.V. = 37,70%					
Quercetina (mg 100g ⁻¹)					
0	24,36	24,36	24,36	24,36	24,36 a
3	14,73	16,54	17,20	15,81	16,07 b
6	20,67	15,65	16,35	17,96	17,66 b
9	12,42	17,31	13,49	16,98	15,05 b
12	-	13,55	15,07	16,10	14,91 b
Médias	18,05 A	17,48 A	17,30 A	18,24 A	
C.V. = 17,55%					

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade; -1 = antes do processamento.

Os valores encontrado neste trabalho são maiores que os relatados por Nuutila et al. (2003), os quais constataram valores de $155,0 \pm 9,1$ mg EAG g^{-1} mf para a cebola amarela e $207,5 \pm 14,7$ mg EAG g^{-1} mf para a cebola vermelha.

Redução no teor de compostos fenólicos do início (dia zero) até o 14º dia, seguido de aumento no final do armazenamento, também foi encontrado por Siddiq et al. (2013), ao trabalharem com cebola amarela minimamente processada e armazenada a 4°C por 21 dias. Resultados semelhantes ao deste trabalho foram encontrados em cebola roxa e branca trituradas e armazenadas a 4°C por oito dias (COSTA et al, 2013). Muniz (2007) estudando o processamento mínimo de cebolas ‘CNPH 6400’ e ‘Óptima’ , cujos produtos foram armazenados a 5°C por 15 dias, também relatou redução no conteúdo de compostos fenólicos do dia zero ao terceiro dia, seguido de aumento do nono dia até o fim do período.

O conteúdo de antocianinas (Tabela 7) não foi alterado pelo uso de diferentes embalagens. Constatou-se redução no teor de antocianinas durante o período de armazenamento. No terceiro dia, houve redução acima de 30%, chegando ao último dia com reduções até maiores que 50%.

Ferreres, Gil e Tomás-Barberán (1996), trabalhando com a cebola vermelha espanhola ‘Morada de Amposta’ minimamente processada e armazenada a 8°C, em diferentes filmes perfurados, constataram que a degradação das antocianinas foi resultado da oxidação desse pigmento em contato com o ar e também da degradação enzimática, através da polifenoloxidase. Nesse mesmo trabalho, eles também verificaram redução no teor de todas as antocianinas durante os sete dias de armazenamento.

Da mesma forma, Pérez-Gregorio, García-Falcón e Simal-Gándara (2011) estudando cebolas ‘Vermelha de Póvoa’ minimamente processadas armazenadas em diferentes embalagens, encontraram grande variação no teor de antocianinas no terceiro dia de análise, sendo que após 16 dias a redução foi de 12% a 30% neste teor, nas diferentes embalagens.

O conteúdo de quercetina também não foi influenciado pelo uso de diferentes embalagens (Tabela 7). Em três dias de armazenamento a redução neste teor era maior que 34%, com manutenção destes valores até o final do período. Essa redução deve-se à função antioxidante que esse composto exerce nos vegetais, que leva a ser consumido ao longo do armazenamento, como forma de evitar danos ao tecido (LAKHANPAL; RAI, 2007).

Martínez et al. (2005) não encontraram interferências das embalagens nas concentrações de quercetina em cebolas minimamente processadas ao uso de embalagens com vácuo e baixa permeabilidade ao oxigênio.

Pérez-Gregorio, García-Falcón e Simal-Gándara (2011) encontraram redução de 21% no teor de quercetina após 16 dias, em cebolas ‘Vermelha de Póvoa’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de polietileno tereftalato. Estudando o efeito de diferentes procedimentos de desinfecção química e irradiação de produtos minimamente processados de cebolas, eles encontraram redução de 17 a 23% nos teores de quercetinas.

A concentração de O_2 e CO_2 no interior das embalagens variou, tanto para o oxigênio, quanto para o dióxido de carbono, em função da embalagem utilizada e do tempo de armazenamento (Tabela 8). O filme PEBD levou a menores teores de O_2 , com média de 13,76%, enquanto o recipiente PP manteve os maiores valores, 19,79%. Em média, houve redução no teor de O_2 de 31,8% durante o armazenamento.

Tabela 8 – Concentração de O_2 e CO_2 em cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada, e submetida a quatro diferentes embalagens, armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens				Médias
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD	
Concentração de O ₂ (%)					
0	20,18	19,61	18,92	18,78	19,37 a
3	20,22	17,84	16,94	16,34	17,84 ab
6	20,12	16,11	15,59	14,33	16,54 bc
9	19,63	14,77	13,95	10,06	14,60 cd
12	18,80	15,25	9,46	9,29	13,20 d
Médias	19,79 A	16,72 B	14,97 C	13,76 D	
C.V. = 18,59%					
Concentração de CO ₂ (%)					
0	0,93	2,05	2,16	1,35	1,62 d
3	0,83	2,65	3,60	2,51	2,40 cd
6	1,16	3,23	5,00	3,38	3,19 c
9	2,06	4,79	6,84	4,69	4,59 b
12	2,80	5,05	9,84	4,43	5,53 a
Médias	1,55 C	3,56 B	5,49 A	3,27 B	
C.V. = 41,18%					

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade.

Para a concentração de CO_2 , o recipiente PP apresentou o menor valor, com média de 1,55%, ao contrário do filme PP, que atingiu 5,49%. Em média, houve aumento na concentração de CO_2 ao longo do tempo, de 1,62% para 5,53% de CO_2 , do dia zero ao 12º dia.

Para a cebola minimamente processada em fatias e em cubos, o recomendado para a concentração de gases é de 1-2% de O₂ e 10-15% de CO₂ (CANTWELL; SUSLOW, 2002). As baixas concentrações de O₂ auxiliam na manutenção da aparência dos produtos, reduzindo o amarelecimento e o escurecimento (BLANCHARD et al., 1996). As altas concentrações de CO₂ também inibem o crescimento de fungos e bactérias (ZAGORY, 1998). Neste trabalho, nenhuma embalagem proporcionou tais concentrações.

Vale ressaltar que, durante as análises, foi percebido variações no odor característico das cebolas minimamente processadas mantidas nos filmes de PEBD, indicando a ocorrência de processos fermentativos ou acúmulo de compostos sulfurosos, que podem ter caracterizado esse *off-flavor*. A respiração anaeróbica gera acetaldeído e etanol, que com o acetato de etila, geram odores característicos de fermentação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Zagory (1998), valores de O₂ abaixo de 10% reduzem as taxas respiratórias e valores menores que 4% podem ocasionar processos fermentativos em alguns produtos e gerar compostos indesejáveis de sabor e aroma. Forney et al. (2012) encontraram *off-flavor* em cebolas minimamente processadas e embaladas com polímeros de poliacetileno ou polietileno, depois de 14 dias de armazenamento a 4°C, decorrente dos processos anaeróbios ou do crescimento microbiano.

Os teores de sólidos solúveis não foram significativamente afetados pelas embalagens, entretanto, houve redução ao longo do armazenamento, com redução de 11,28 °Brix para 10,08 °Brix (Tabela 9). Esse decréscimo deve ter ocorrido devido a utilização dos sólidos solúveis como fonte de substrato para a respiração, ao longo do armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BRECHT et al., 2007). Os danos físicos causados pelo processamento mínimo aceleram o metabolismo dos produtos, aumentando a taxa respiratória.

Os valores iniciais encontrados para as cebolas estão bem próximos aos relatados por Chagas; Resende e Pereira (2002), os quais observaram valores de 10,35 °Brix a 10,60 °Brix, para as variedades Pira Ouro, Crioula, Baia Periforme e Jubileu.

Assim como neste trabalho, Muniz (2007) também encontrou teores decrescentes de sólidos solúveis em cebolas armazenadas a 5°C, com redução de 15,9% para a cultivar CNPH 6400 e 11,5% para a Óptima no final da vida útil.

Tabela 9 – Sólidos solúveis, acidez titulável e pH para cebola 'Crioula' roxa minimamente processada submetida a quatro diferentes embalagens, armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens				Médias
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD	
Sólidos Solúveis (°Brix)					
0	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28 a
3	11,00	10,83	10,68	10,83	10,83 b
6	10,60	10,43	10,65	10,80	10,62 bc
9	10,43	10,38	10,30	10,50	10,40 c
12	-	9,98	9,98	10,30	10,08 d
Médias	10,83 A	10,58 A	10,58 A	10,74 A	
C.V. = 2,85%					
Acidez Titulável (% ácido pirúvico g ⁻¹)					
0	0,2906	0,2906	0,2906	0,2906	0,291 a
3	0,2731	0,2739	0,2862	0,2818	0,279 a
6	0,2709	0,2774	0,2798	0,2724	0,275 a
9	0,3015	0,2636	0,2709	0,2906	0,282 a
12	-	0,3102	0,2753	0,2971	0,294 a
Médias	0,284 A	0,283 A	0,281 A	0,286 A	
C.V. = 7,91%					
pH					
0	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52 c
3	5,59	5,53	5,54	5,55	5,55 bc
6	5,60	5,62	5,66	5,63	5,63 ab
9	5,50	5,62	5,74	5,66	5,63 ab
12	-	5,54	5,82	5,54	5,63 a
Médias	5,55 B	5,56 B	5,65 A	5,58 B	
C.V. = 1,35%					

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade.

Não se observou alteração na acidez titulável devido ao uso das diferentes embalagens, bem como durante o armazenamento (Tabela 9), o que também foi verificado por Costa et al. (2011), em cebolas brancas e roxas, minimamente processadas, e armazenadas a 4°C e 65% UR, em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com filme de PVC.

O produtos minimamente processados embalados com o filme de PP apresentaram o maior pH médio, (5,65), diferindo das demais (Tabela 9). Houve aumento do pH do dia zero ao 12º dia, totalizando incremento médio de 2%. Esse aumento pode ser decorrente do aumento no metabolismo gerado pelo estresse mecânico, que resultou em elevação do pH como consequência da redução no teor de ácidos orgânicos (MUNIZ, 2007).

Gil (2008) também relatou valores iniciais de pH em torno de 5,5 em cebolas 'Vermelha de Póvoa' minimamente processadas e armazenadas a 4°C, tratadas com diferentes sanificantes. Ao longo do armazenamento ele verificou redução no pH, provavelmente causado pela interação dos sanificantes testados com o tecido vegetal. Esta redução também foi verificada em cebolas brancas e roxas, minimamente processadas, e armazenadas a 4°C em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com filme de PVC (COSTA et al., 2011).

O uso de diferentes embalagens não interferiu na média da luminosidade e da cromaticidade (Tabela 10). Entretanto, para o ângulo de cor, os filmes PVC e PEBD levaram às maiores médias e o recipiente PP ao menor valor. Durante o armazenamento, houve aumento na luminosidade, do dia zero para o terceiro dia, permanecendo praticamente constante até o final do período de armazenamento. Para a cromaticidade houve pequena diminuição do dia zero ao 12º dia e para o ângulo de cor, houve aumento significativo em função do tempo de armazenamento, passando de 36,62, no dia zero, para 73,16 no 12º dia.

A variação nesses parâmetros provavelmente é decorrente da migração das antocianinas presentes para células que não continham este pigmento, o que ocorreu no fim da vida útil do produto, em todas as embalagens utilizadas. Também há relatos de que o amarelecimento e a translucência são as principais alterações de qualidade visual observada em cebola minimamente processada (BLANCHARD et al., 1996; LIU, LI, 2006). Essa alteração também revela que produtos minimamente processados são muito susceptíveis às mudanças nas características visuais decorrentes da atividade de enzimas e da formação de metabolitos secundários (TOIVONEN; DeELL, 2002; BRECHT et al., 2007).

Muniz (2007) também encontrou valores de luminosidade crescente ao longo do armazenamento em cebolas minimamente processadas armazenadas a 5°C. Miguel e Durigan (2007) observaram redução nos valores de cromaticidade em cebolas minimamente processadas e armazenadas a 11°C. Estes mesmos autores encontraram valores decrescentes para o ângulo de cor, porém a cultivar estudada não apresentava pigmentos violáceos, como neste trabalho.

Tabela 10 – Luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor em cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada e submetida a quatro diferentes embalagens, armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens				Médias
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD	
Luminosidade (L*)					
0	52,30	52,30	52,30	52,30	52,30 b
3	60,02	59,98	58,36	59,74	59,52 a
6	59,40	59,83	60,35	60,92	60,12 a
9	60,51	60,26	60,76	61,54	60,77 a
12	-	62,67	60,38	63,46	62,17 a
Médias	58,06 A	59,01 A	58,43 A	59,59 A	
C.V. = 4,42%					
Cromaticidade (C)					
0	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68 a
3	5,96	5,74	6,32	5,72	5,94 b
6	5,79	5,68	5,78	5,68	5,73 b
9	6,05	6,02	5,62	5,86	5,89 b
12	-	6,36	5,96	6,41	6,24 ab
Médias	6,12 A	6,09 A	6,07 A	6,07 A	
C.V. = 8,47%					
Ângulo de cor (°h)					
0	36,62	36,62	36,62	36,62	36,62 d
3	51,89	51,87	45,56	55,54	51,21 c
6	49,00	64,13	58,39	65,61	59,28 bc
9	64,44	67,09	72,92	68,23	68,17 ab
12	-	75,45	72,08	71,97	73,16 a
Médias	50,49 B	59,03 A	57,11 AB	59,59 A	
C.V. = 17,33%					

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade.

O recipiente PP apresentou índice de ressecamento e deterioração dentro do limite tolerável e estimado em valores abaixo de 60%, equivalente a nota 3, até o nono dia de avaliação, sendo descartado após esse período (Tabela 11). Este recipiente também originou os maiores valores de índice de podridões, estando acima do limite de 66% (nota 2), a partir do decimo segundo dia. Os filmes de PP e PEBD levaram às menores notas nestes dois índices, indicando manutenção dos aspectos visuais por mais tempo que as outras embalagens. O filme de PEBD manteve o índice de podridão abaixo do limite, inclusive após 15 dias de armazenamento.

Tabela 11 – Índice de ressecamento e deterioração e índice de podridão em cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada e submetida a quatro diferentes embalagens, armazenadas a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens				Médias
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD	
Índice de Ressecamento e Deterioração (%)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
9	31,25	43,75	18,75	12,50	26,56 c
12	93,75	56,25	31,25	18,75	50,00 b
15	100,00	100,00	93,75	87,50	95,31 a
Médias	37,50 A	33,33 A	23,96 B	19,79 B	
C.V. = 29,09%					
Índice de Podridão (%)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
9	25,00	37,50	12,50	0,00	18,75 c
12	100,00	50,00	12,50	12,50	43,75 b
15	100,00	100,00	87,50	62,50	87,50 a
Médias	37,50 A	31,25 A	18,75 B	12,50 B	
C.V. = 55,28%					

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade.

As embalagens que receberam as menores notas também foram as que apresentaram os menores teores de O₂ e os maiores de CO₂, indicando que a mudança nas concentrações destes gases pode estar associada a uma melhor conservação dos atributos visuais. Zagory (1998) afirma que combinações entre baixa temperatura e atmosfera modificada reduzem o metabolismo e a degradação de vegetais minimamente processados, mantendo o frescor por mais tempo e, conseqüentemente, estendendo a vida útil dos mesmos.

Ficks et al. (2005), trabalhando com cebolas ‘Granex’ minimamente processadas e embaladas com filme PVC e recipientes de polietileno tereftalato (PET) com tampa, também relataram degradação da aparência durante o armazenamento a 10°C, sendo que as fatias apresentaram aparência aceitável até o 12º dia, independente da embalagem utilizada. Observaram também que houve aparecimento visual de podridões no 12º dia, para o filme PVC e no 18º dia para os potes de PET.

Independente da embalagem utilizada houve ausência de *Salmonella* em 25 g, como estabelece a legislação RDC nº12 (BRASIL, 2001). Da mesma forma, os

valores de coliformes termotolerantes ficaram abaixo do limite vigente na legislação, a qual preconiza população inferior a 10^2 NMP g⁻¹, para esses microrganismos (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultados microbiológicos para cebola 'Crioula Roxa' minimamente processada e armazenada em quatro diferentes embalagens a 5°C e 85-90% UR, por 12 dias

Dias	Embalagens			
	Recipiente PP	Filme PVC	Filme PP	Filme PEBD
Coliformes Totais (NMP g⁻¹ de cebola)				
0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
3	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
6	$>1,1 \times 10^3$	$>1,1 \times 10^3$	$>1,1 \times 10^3$	$>1,1 \times 10^3$
9	$7,4 \times 10^2$	$9,2 \times 10^2$	<3,0	$4,6 \times 10^4$
12	-	$2,3 \times 10^4$	$>1,1 \times 10^4$	$4,6 \times 10^6$
Coliformes Termotolerantes (NMP g⁻¹ de cebola)				
0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
3	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
9	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
12	-	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Psicrotróficos (UFC g⁻¹ de cebola)				
0	$1,8 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$
3	$5,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$
6	$7,1 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$
9	$2,2 \times 10^7$	$1,8 \times 10^5$	$4,1 \times 10^4$	$7,7 \times 10^5$
12	-	$3,9 \times 10^7$	$9,7 \times 10^5$	$4,5 \times 10^7$

PP = polipropileno; PVC = cloreto de polivinila; PEBD = polietileno de baixa densidade; NMP = número mais provável; UFC = unidades formadoras de colônias.

Para coliformes totais, o recipiente PP apresentou limites toleráveis ($<10^5$ NMP g⁻¹) até o nono dia. No 12º dia, a aparência do produto estava prejudicada, o que caracterizou o descarte do tratamento. Para os filmes PVC e PP, os valores permaneceram dentro do limite até o último dia de análise, enquanto que o filme de PEBD levou a valores acima do limite no 12º dia. Para psicrotróficos, todos os tratamentos alcançaram valores de 10^5 UFC g⁻¹ no sexto dia de armazenamento. Forney et al. (2012), também encontraram valores superiores a 10^6 UFC g⁻¹ depois de 12 dias de armazenamento de cebolas minimamente processadas e embaladas com polímero de poliacetileno ou filmes de polietileno.

Apesar da legislação não estabelecer limites para coliformes totais e para psicrotróficos, a literatura recomenda o máximo de 10^5 - 10^6 UFC g⁻¹, para vegetais congelados e similares (MORTON, 2001). Valores acima dos recomendados tornam

impróprios os alimentos para o consumo humano, por aumentar o risco de presença de microrganismos patogênicos e/ou deterioradores, comprometendo a segurança do alimento.

Apesar da conservação de certos atributos de qualidade por até 12 dias, recomenda-se o consumo desta hortaliça minimamente processada por apenas seis dias. Após esse período o produto não estará mais seguro microbiologicamente, podendo acarretar em possíveis males ao consumidor. Isso demonstra que apenas análises visuais não são suficientes para garantir a segurança do consumo, sendo de suma importância o acompanhamento microbiológico para que, em conjunto com outras análises, se avalie o período de vida útil de um produto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

No experimento I, em que se avaliaram as temperaturas de armazenamento e os tipos de cortes para cebolas minimamente processadas foi possível deixar afirmado que quanto maior a temperatura, menor será a vida útil desse produto. O armazenamento a 0°C conservou as cebolas minimamente processadas por até 15 dias.

O corte em fatia apresentou o menor efeito nos aspectos bioquímicos e fisiológicos estudados durante o armazenamento, com consequente maior vida útil dos produtos de cebola.

Dentre as embalagens, o uso do recipiente de PP reduziu em três dias a vida útil da cebola roxa minimamente processada, quando comparado às demais embalagens. Os filmes de PP e PEBD resultam em maior qualidade fisiológica e visual, principalmente por proporcionarem menor concentração de O₂ e maior de CO₂.

O consumo desse produto deverá ser limitado em seis dias, dado a presença de microrganismos acima dos limites depois desse período.

Para trabalho futuros recomenda-se o uso de embalagens com atmosfera modificada ativa, para que a atmosfera ideal seja atingida com maior rapidez e assim manter por mais tempo a qualidade desse produto. Ainda, ressalva-se que a determinação de compostos voláteis em futuros trabalhos será interessante para a verificação de possível formação de substâncias do processo fermentativo (acetaldeído e etanol) em função da embalagem utilizada.

REFERÊNCIAS

- AL-ATI, T.; HOTCHKISS, J.H. Application of Packaging and Modified Atmosphere to Fresh-cut Fruits and Vegetables. In: Lamikanra, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market**. Washington: CRC Press LLC, chap. 10, p. 311-344, 2002.
- ANDRADE, N.J. de; BASTOS, M.S.R.; ANTUNES, M.A. Higiene e sanitização. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortalças**. Brasília: Embrapa Hortalças, 2007. cap. 3, p. 101-120.
- ANTHON, G.E.; BARRETT, D.M. Modified for the determination of pyruvic acid with DNPH in the assessment of onion pungency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v.83, p.1210-1213, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY - AOAC. Official methods of analysis the of Associaton of Analytical Chemists International. 18th. ed. Washington: AOAC, 2010. p. 37-10, 42-2, 44-3, 45-16.
- _____. Official Methods of Analysis Microbiological Methods, 17.9.33 AOAC Official Method 2011.03 Salmonella in foods. Enzyme – Linked Fluorescent Assay (ELFA) Screening Method. 2005.
- BARBIERI, R.L; MEDEIROS, A.R.M. A cebola ao longo da história. In: BARBIERI, R.L. (Ed.) **Cebola: ciência, arte e história**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 13-20.
- BEERLI, K.M.C. **Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada**. 2002. 55p. (Dissertação-Mestrado em Ciências dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- BEERLI, K.M.C.; VILAS BOAS, E.V.B.; PICCOLI, R.H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 107-112, jan./fev., 2004.
- BENTZ, A.B. A Review of Quercetin: Chemistry, Antioxidant Properties, and Bioavailability. **The Journal of Young Investigators**: Appalachian State University. [Online] April 1, 2009. Disponível em: <<http://www.jyi.org/research/re.php?id=3416>>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- BERNO, N.D. Cebola: Chuva reduz investimentos dos cebolicultores. In: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA. Revista Hortifruti Brasil. v.8, n. 86, 2009. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/86/cebola.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2013.

BHAT, N.R.; DESAI, B.B.; SULEIMAN, M.K. Flavors in Onion: Characterization and Commercial Applications. In: HUI, Y.H. (Ed.). **Handbook of Fruit and Vegetable Flavors**. New Jersey: John Wiley, 2010. p.849-872.

BIANCO, M.S. DURIGAN, J.F.; MORGADO, C.M.A.; OGASSAVARA, F.O.; GALATI, V.C.; SANCHES, J. Processamento mínimo de cebolas previamente armazenada por diferentes períodos sob condições ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...**Goiania, 2006. p. 2204-2207. Disponível em: <
http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0546.pdf
 f>. Acesso em: 8 abr. 2013.

BLANCHARD, M.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C.; MAKHLOUF, J. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, p.173-185, 1996.

BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2002. 88 p.

BOITEUX, L.S.; MELO, P.C.T. de. Taxonomia e Origem. In: _____. **Sistemas de Produção de Cebola (*Allium cepa* L.)**. Embrapa Hortaliças. ISSN 1678-____. Versão Eletrônica. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <
<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/>>. Acesso em: 30 maio 2012.

BRASIL. 2001. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC número 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **D.O.U. Diário Oficial da União**; Poder Executivo, de 04 de janeiro de 2001.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BRECHT, J.K.; SALTVEIT, M.E.; TALCOTT, S.T.; MORETTI, C.L. Alterações metabólicas. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. cap. 2, p. 41-100.

BREWSTER, J.L. **Onions and other vegetables alliums**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2008. 432p.

CANTWELL, M.I.; SUSLOW, T.V. Sistemas de manejo postcosecha: frutas y hortalizas precortadas (mínimamente procesadas). In: KADER, A.A. (Ed.). **Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícola**. Davis: University of California, 2002. cap. 36, p.497-518.

CARUSO, J.G.B; CAMARGO, R. Microbiologia de alimentos. In: CAMARGO, R. (Ed.). **Tecnologia dos produtos agropecuários-alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. cap.1, p.35-49.

CENCI, S.A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagens. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 144 p.

CHAGAS, S.J.R. RESENDE, G.M.; PEREIRA, L.V. Características qualitativas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, jul, 2002. Suplemento2. 1 CD-Room.

CHEMELLO, E. A Química na Cozinha apresenta: As cebolas. **Revista Eletrônica ZOOM** da Editora Cia da Escola - São Paulo, v. 6, n. 2, 2005. [versão para impressão] Disponível em: <http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2005jun_qnc_cebola.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2013.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

COSTA, F.B. da; OLIVEIRA, M.N.; PEREIRA, E.M.; COSTA, R.T.R.V.; SULINO, R.F. Qualidade de cebola minimamente processada. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Pombal - PB, v.1, n.1, p.13-18, jan-dez, 2011.

COSTA, F.B. da; SULINO, R.F.; OLIVEIRA, M.N.; COSTA, P.S. da; COSTA, R.T.R.V. et al. Changes in chlorophyll, anthocyanins and phenolic compounds concentration in fresh-cut onion. **International Journal Postharvest Technology and Innovation**, Olney, v.3, n.1, p.63–72, 2013.

COSTA, N.D.; ANDREOTTI, C.M. **A cultura da cebola**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 107p.

DOWNES, F.P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4th ed.** Washington: American Public Health Association (APHA), 2001. 677p.

DURIGAN, J.F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 69p.

FAO. **Faostats** – FAO Statistical Databases. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

FERRERES, F.; GIL, M.I.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Anthocyanins and flavonoids from shredded red onion and change during storage in perforated films. **Food Research International**, Ottawa, v. 29, n 3/4. p.389-395, 1996.

FICKS, E.C.R.; DURIGAN, J.F.; ARIMURA, C.T.; ANDRADE, S.J. Efeito do tipo de preparo e da embalagem na conservação de cebola minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.1029-1033, out-dez 2005.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 52, p. 99-119, 2002.

FORNEY, C.F.; JORDAN, M.A; FAN, L.; DOUCETTE, C.; GRANT, R. Influence of packaging on loss of aroma and quality of diced red onions. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS ON SCIENCE AND HORTICULTURE FOR PEOPLE, 28., (IHC2010): INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POSTHARVEST TECHNOLOGY IN THE GLOBAL MARKET. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 934, p. 523-530, 2012.

FRITSCH, R.M.; FRIESEN, N. Evolution, domestication and taxonomy. In: RABINOWITCH, H.D.; CURRAH, L. (Ed). **Allium crop science: recent advances**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 5-30.

GIL, L.M.F. **Estudo da Taxa Respiratória e de Indicadores da Qualidade de Cebola Vermelha (*Allium cepa* L., “Vermelha da Póvoa”) Minimamente Processada**. 2008. 229 p. Dissertação (Mestre em Ciências do Consumo Alimentar) - Universidade Aberta, Porto, Portugal, 2008.

GORNY, J.R. **A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables**. Davis: University of California, 2001. p 95-145. (Postharvest Horticulture Series, 22A,).

GOULD, K.S.; LISTER, C. Flavonoid functions in plants. In: ANDRESEN, O.M.; MARKHAM, K.R. (Ed.) **Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications**. Florida: CRC Press, 2006. chap. 8. p. 397-441.

GRANGEIRO, L.C.; SOUZA, J.O.; AROUCHA, E.M.M.; NUNES, G.H.S.; SANTOS, G.M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1087-1091, jul./ago., 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de Orçamento Familiar** – POF, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=3048&z=t&o=23&i=P>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

_____. **Sidra** – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Dados de Previsão de Safra – Brasil – janeiro de 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1618&z=t&o=26&i=P>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

JACOMINO, A.P.; ARRUDA, M.C.D.; MOREIRA, R.C.; KLUGE, R.A. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: SIMPÓSIO ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMERICA, 11., 2004. São José **Anais...** São José: CIAD, 2004. p. 79-86

KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Outlook Second Quarter**. Davis, CA, v.13, n. 2, p.9-10, 1986.

_____. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. In: Lamikanra, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market**. Washington: CRC Press LLC, 2002. cap. 2, p. 21-30.

KETTER, C.A.T.; RANDLE, W.M. Pungency Assessment in Onions. In: KARCHER, S.J. (Ed.) Tested studies for laboratory teaching. WORKSHOP/CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR BIOLOGY LABORATORY EDUCATION (ABLE), 19., 1998. Athens. **Proccedings...** Athens, 1998. v.19, chap.11, p.177-196.

LAKHANPAL, P.; RAI, D.K. Quercetin: a versatile flavonoid. **Internet Journal of Medical Update**, Mauritius, v. 2, n. 2, p.22-37, jul-dec 2007.

LANZOTTI, V. Review – The analysis of onion and garlic. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.1112, n.1/2, 21 April, p.3-22, 2006.

LEES, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LENCKI, R.W. Modified atmosphere packaging for minimally processed foods. In: SUN, D.W. (Ed.) **Emerging technology for food processing**. London: Elsevier Academic Press, 2005. chap. 28. p. 733-756.

LISBÃO, R.S. Cebola. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Ed.) **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico**. Campinas:Instituto Agrônômico, 1993. v. 1. p. 254-269

LIU, F.; LI, Y. Storage characteristics and relationships between microbial growth parameters and shelf life of MAP sliced onions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.40, p.262-268, 2006.

MARIOT, M.P.; HEIDEN, G.; CASTRO, L.A.S. Propriedades nutracêuticas. In: BARBIERI, R.L. (Ed.) **Cebola: ciência, arte e história**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 13-20.

MARTÍNEZ, J.A.; SGROPPO, S.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; ANCOS, B. DE; CANO, M.P. Effects of processing and storage of fresh-cut onion on quercetin. **Acta Horticulturae 682**: International Postharvest Symposium, 5., p.1889–1894, 2005.

MIGUEL, A.C.A.; DURIGAN, J.F. Qualidade de cebola minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p.437-441. 2007.

MINOLTA CORP (Japan). **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 2007. 49p.

MORETTI, C.L. Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças..** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007, cap. 1, p. 25-40.

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

MORTON, R.D. Aerobic plate count. In: DOWNES, F.P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of Methods for the Microbiological Examinations of Foods**. Washington: American Public Health Association. p. 63-67, 2001.

MUNIZ, L.B. **Caracterização química, física e de compostos funcionais em cebolas frescas e minimamente processadas**. 2007. 160p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MURCIA, M.A. JIMÉNEZ-MONREAL, A.M.; GARCÍA-DIZ, L.; CARMONA, M.; MAGGI, L.; MARTÍNEZ-TOMÉ, M. Antioxidant activity of minimally processed (in modified atmospheres), dehydrated and ready-to-eat vegetables. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.47, p. 2103–2110, 2009.

NASCIMENTO, E.F.; MORETTI, C.L.; ZUCHETTO, M.C.; MATTOS, L.M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no mercado varejista do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SOB, 2003. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olpc4092c.pdf>>. Acesso em: 12 mar.2013.

NUUTILA, A.M.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; AARNI, M.; OKSMAN-CALDENTY, K.M. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. **Food Chemistry**, New York, v.81, p. 485-493, 2003.

OLIVEIRA, K.J.A.; PEREIRA, E.M.; OLIVEIRA, M.N.; SULINO, R.F.; SILVA, K.C.M.; COSTA, F.B. da. Avaliação microbiológica de cebola roxa inteira e minimamente processada. . **Higiene Alimentar**, Mirandópolis, v. 25, n. 194/195, 2011. Suplemento. Apresentado no CONGRESSO LATINO AMERICANO, 5., ; CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 11., 2011. Salvador.

OLIVEIRA, V.R.; LEITE, D.L.; SANTOS, C.A.F.; COSTA, N.D.; MELO, P.C.T. de. Cultivares. In: _____. **Sistemas de Produção de Cebola (*Allium cepa* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/cultivares.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

OLIVEIRA, V.R.; MENDONÇA, J.L.; SANTOS, C.A.F. Clima. In: _____. **Sistemas de Produção de Cebola (*Allium cepa* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/climal.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

PATIL, B.S.; PIKE, L.M.; YOO, K.S. Variation in the quercetin content in different colored onions (*Allium cepa* L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.120, n.6, p.909-913, 1995.

PERERA, C.O. Minimal processing of fruits and vegetables. In: RAHMAN, M.S. (Ed.). **Handbook of food preservation**. 2nd ed. Flórida: CRC Press, 2007. chap. 5, p. 137-150.

PERERA, C.O.; SMITH, B. Technology of Processing of Horticultural Crops. In: KUTZ, M. (Ed.), **Handbook of farm, dairy, and food machinery**. Delmar, NY: William Andrew, 2007. p.251–302.

PÉREZ-GREGORIO, M.R.; GARCÍA-FALCÓN, M.S.; SIMAL-GÁNDARA, J.. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. **Food Chemistry**, New York, n.124, p.652–658, 2011.

PÉREZ-GREGORIO, M.R.; GONZÁLEZ-BARREIRO, C.; RIAL-OTERO, R.; SIMAL-GÁNDARA, J. Comparison of sanitizing technologies on the quality appearance and antioxidant levels in onion slices. **Food Control**, Oxford, v.22, n.12, p.2052-2058, dez-2011.

PRICE, K.R.; BACON, J.R.; RHODES, M.J.C. Effect of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa*). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v.45, n. 3, p.938-942, 1997.

PRICE, K.R.; RHODES, M.J.C. Analysis of the major flavonol glycosides present in four varieties of onion (*Allium cepa*) and changes in composition resulting from autolysis. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v.74, n.3, p.331-339, jul, 1997.

PRODUCE MARKETING ASSOCIATION - PMA. **Consumer Attitudes Toward Packaged Fruits and Vegetables**. Aug. 2011. Disponível em: < http://www.pma-anz.com/userfiles/files/PMA_Packaging_Research_2011%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2013.

RANDLE, W.M. Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. In: RISCH, S.J.; HO, C.T. (Ed.). **Spices**. Athens: American Chemical Society, v.660, 1997. chap. 5, p.41-52.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan , 1996. 728p.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. Embalagem. In: CENCI, S.A. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagens. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. cap. 4, p. 59-70.

SCHUNEMANN, A.P.; TREPTOW, R.; LEITE, D.L.; VENDRUSCOLO, J.L. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajaí, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.77-80, jan-mar, 2006.

SCHWIMMER, S.; WESTON, W.J. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Califórnia, v. 9, n. 4, p. 301-304, 1961.

SIDDIQ, M.; ROUDOUNG, S.; SOGI, D.S.; DOLAN, K.D. Total phenolics, antioxidant properties and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) treated with mild-heat. **Food Chemistry**, New York, v.136, n. 2, p. 803–806, 2013.

SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; SANTANA, A.S.; KOBLITZ, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31. n. 3. p. 669-682. jul/set, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S. dos; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 544p.

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

SOARES, N.F.F. Efeito da embalagem na conservação de produtos minimamente processados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2002, Brasília. **Anais...** Embrapa Hortaliças. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/novidade/eventos/semipos/anais.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SOARES, N.F.F.; GERALDINE, R.M. Embalagens. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. cap. 6, p. 153-172.

SOBRINO-ILLESCAS, E.; SOBRINO-VESPERINAS, E. **Tratado de horticultura herbácea**: 2: hortaliças de legumbre, tallo, bulbo y tuberosas. Barcelona: Editora Aedos, 1992. v.2, 333p.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura Especial**. 4. ed., Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1982. pt.4.p. 37-66.

SUSLOW, T. Onions, Dry: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. **UCDAVIS Produce facts**, EUA, 2006. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/OnionsDry/>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

TAPETTI, R.A. Cebola: Inicia Safra em São Paulo. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 9, n. 93, 2010. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/93/cebola.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

TOIVONEN, P.M.A.; DeELL, J.R. Physiology of Fresh-cut Fruits and Vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market**. Washington: CRC Press LLC, 2002. cap. 5, p. 100-132,

UDDIN, M.M.; MacTAVISH, H.S. Controlled atmosphere and regular storage-induced changes in S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides and alliinase activity in onion bulbs (*Allium cepa* L. cv. Hysam). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.239-245, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (United States). USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3.0. 2011. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/Flav/Flav_R03.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos: TACO**. 2 ed. Campinas, 2006. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2013.

VAROQUAUX, P.; MAZOLLIER, J. Overview of th European Fresh-cut Produce Industry. In: Lamikanra, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market**. Washington: CRC Press LLC, 2002. cap. 5, p. 100-132.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; CAMARGO FILHO, W.P.; BOING, G.; MADAIL, J.C.M.; COSTA, N.D.; MELO, P.C.T. de. Mercado e Comercialização. In: **Sistemas de Produção de Cebola (*Allium cepa* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/mercado_e_comercializacao.htm> Acesso em: 15 jan. 2013.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V.R.; COSTA, N.D.; MADAIL, J.C.M.; CAMARGO FILHO, W.P.; BOEING, G.; MELO, P.C.T. de. Desafios e oportunidades para o agronegócio de cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.1029-1033, out-dez 2005.

WASUM, R.A.; BORDIN, J.; SINIGAGLIA, C. Considerações taxonômicas. In: BARBIERI, R.L. (Ed.). **Cebola: ciência, arte e história**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 23-26.

ZAGORY, D. An update on modified atmosphere packaging of fresh produce. **Packaging International**, London, n. 117, Apr. 1998. Disponível em: <http://www.nsf.org/business/nsf_agriculture/articles_map.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**. Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.

ANEXOS

ANEXO A - Fotos e escala de notas

Figura 1 – Aparência de bulbos de cebola ‘Crioula Roxa’

Figura 2 - Fluxograma utilizado no processamento mínimo de cebola ‘Crioula Roxa’

Figura 3 – Aparência das fatias, 200 g (a), e cubos, 100 g (b), de cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada, em embalagem de PP

Figura 4 – Aparência das fatias (200 g) de cebola ‘Crioula Roxa’ minimamente processada, acondicionada em recipiente PP (a), filme PVC (b), filme PP (c) e filme PEBD (d)

Figura 5 - Escala de notas para Índice de Ressecamento e Deterioração

Figura 6 - Escala de notas para Índice de Podridão

ANEXO B - Gráficos do experimento I

Figura 7 - Pungência, teores de compostos fenólicos, de antocianinas e quercetina em cebolas 'Crioula Roxa' minimamente processadas em cubos (a, c, e, g) e fatias (b, d, f, h) e submetidas a quatro diferentes temperaturas de armazenamento e 85-90% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 8 - Taxa respiratória de cebolas 'Crioula Roxa' minimamente processadas em cubos (a) e fatias (b) e submetidas a quatro diferentes temperaturas de armazenamento e 85-90% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Figura 9 – Teores de sólidos solúveis e de acidez titulável e pH em cebolas 'Crioula Roxa' minimamente processadas em cubos (a, c, e) e fatias (b, d, f) e submetidas a quatro diferentes temperaturas de armazenamento e 85-90% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 10- Luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor em cebolas 'Crioula Roxa' minimamente processadas em cubos (a, c, e) e fatias (b, d, f) e submetidas a quatro diferentes temperaturas de armazenamento e 85-90% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 11 - Índice de Ressecamento e Deterioração e Índice de Podridão em cebolas 'Crioula Roxa' minimamente processadas em cubos (a, c) e fatias (b, d) e submetidas a quatro diferentes temperaturas de armazenamento e 85-90% UR, por 18 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)