

Aspectos da fisiologia de cenoura minimamente processada.

Milza M. Lana

Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF. E.mail: milza@cnpq.embrapa.br

RESUMO

O processamento mínimo de hortaliças compreende as operações que eliminam as partes não comestíveis, seguidas pelo corte em tamanhos menores, tornando-as prontas para consumo imediato e mantendo a condição de produto *in natura*. A oferta e o interesse do consumidor por esses produtos têm sido crescentes, tanto para o mercado institucional (restaurantes e cozinhas industriais), como para o consumidor final. A cenoura é, dentre as hortaliças, uma das principais espécies comercializadas nessa forma, ou seja, ralada, picada em cubos ou rodelas ou na forma de mini-cenoura ('baby-carrot'). As operações de processamento causam uma série de estresses e alterações metabólicas indesejáveis que reduzem a vida útil da hortaliça processada em relação ao produto inteiro. Dentre as principais, incluem-se o aumento da taxa respiratória e da transpiração, a deterioração microbiana, a produção de metabólitos secundários e a degradação de membranas lipídicas. São apresentados os efeitos de diversos fatores como cultivares, formas de corte, tratamentos químicos, uso de revestimentos, irradiação, atmosfera modificada e refrigeração sobre a magnitude das alterações fisiológicas resultantes do processamento.

Palavras-chave: *Daucus carota*, alterações metabólicas, processamento, respiração, etileno, atmosfera modificada.

ABSTRACT

Physiological aspects of minimally processed carrot.

Minimal processing of vegetables involves the elimination of non-edible parts followed by cutting into smaller pieces, so that the product obtained is ready-to-eat and fresh-like. The demand for minimally processed vegetables by consumers and by food service industry has increased. Carrot is among the most popular vegetables marketed this way, that is shredded, cut as slices or cubes and as baby-carrot. Minimal processing operations induce stress and undesirable metabolic changes that reduce the product shelf life in relation to the intact organs from which they were obtained. These metabolic changes include increase in respiration and transpiration rate, pathological breakdown, synthesis of secondary compounds and membrane lipid breakdown. The effect of many factors as cultivars, cutting direction, chemical treatments, edible coatings, irradiation, modified atmosphere and refrigeration, upon the severity of metabolic changes induced by processing are presented.

Keywords: *Daucus carota*, metabolic changes, processing, respiration, ethylene, modified atmosphere, fresh-cut.

(Aceito para publicação em 31 de agosto de 2.000)

O processamento mínimo de hortaliças compreende as operações que eliminam as partes não comestíveis como cascas, talos e sementes, seguidas pelo corte em tamanhos menores, tornando-as prontas para consumo imediato e mantendo sua condição de produto *in natura*. A cenoura pode ser ralada em seções de diversos tamanhos ou ser picada na forma de fatias, cubos e palitos. Adicionalmente, pode ser apresentada na forma de mini-cenoura (baby-carrot). O fluxo básico de produção compreende as seguintes operações: recepção e lavagem em água corrente, raspagem com faca inox ou lixa d'água, sanitização com água clorada, operações de corte ou ralamento, centrifugação, seleção e embalagem (Emater-DF, Gerência de Agroindústria, informação pessoal).

CONSEQUÊNCIAS FISIOLÓGICAS DO PROCESSAMENTO

A fisiologia de frutas e hortaliças minimamente processadas é basicamen-

te a fisiologia de tecido injuriado ou submetido a estresse. Através do processamento, os órgãos vegetais são sujeitos a uma série de alterações fisiológicas que reduzem sua durabilidade quando comparada à do produto inteiro. Em condições adequadas de acondicionamento e armazenamento a vida útil varia de sete a oito dias (Carlin *et al.*, 1990b; Babic *et al.*, 1993).

As principais alterações decorrentes do processamento que afetam a qualidade do produto e limitam a vida útil são descritas a seguir:

1. Alteração da composição química e produção de metabólitos secundários

Em resposta à injúria, as plantas sintetizam uma série de compostos secundários, vários deles possivelmente relacionados à cicatrização ou defesa, sendo o composto específico dependente da espécie e do tecido envolvido. Em alguns casos esses compostos interferem com o aroma, sabor, aparência, valor nutritivo e segurança do produto mini-

mamente processado (Brecht, 1995).

Dentre as alterações que ocorrem em cenoura minimamente processada estão o acúmulo de ácido clorogênico (composto envolvido nos processos de lignificação e suberização); o acúmulo de ácido para-hidroxibenzoico, que apresenta atividade antimicrobiana e está envolvido em mecanismos de defesa (Babic *et al.*, 1993) e a diminuição dos teores de sacarose, glicose e frutose (Carlin *et al.*, 1990b).

2. Perda de matéria fresca

A perda de matéria fresca por cenoura minimamente processada é o somatório da perda de água por transpiração e da perda de carbono através da respiração. Este processo ocorre durante todo o período de armazenamento, sendo tanto maior quanto maior for a temperatura e quanto menor for o tamanho dos cortes (Izumi *et al.*, 1996).

3. Respiração

A taxa respiratória de cenoura processada é o dobro da taxa de cenoura

inteira nas primeiras quatro horas após o processamento ou até cinco vezes maior após 30-40 horas (Chervin *et al.*, 1992). O padrão respiratório varia com o tipo de corte, quais sejam fatias, palito ou ralada (Izumi *et al.*, 1996).

4. Produção de etileno

A produção de etileno por cenoura minimamente processada foi inferior a 0,1 ml/kg/h independentemente do tipo de corte (fatiada, na forma de palito ou ralada), da temperatura de armazenamento em ar (0°C, 5°C ou 10°C) e do uso de atmosfera controlada (0,5% O₂ e 10% CO₂) (Izumi *et al.*, 1996). Essa taxa foi considerada insuficiente para induzir a produção de isocumarina e alterar o sabor da cenoura.

5. Valor nutricional

Os teores de α e β -caroteno decresceram continuamente durante o armazenamento de cenoura descascada, armazenada a 1°C e embalada em sacolas de plástico, atingindo após 28 dias cerca de 33% do teor inicial (Li & Barth, 1998). A retenção de carotenóides totais pode variar em função do filme plástico utilizado, como resultado do grau de modificação da atmosfera interna obtido para filmes de diferentes permeabilidades e espessuras. Cenoura embalada em filme menos permeável a oxigênio não apresentou alteração dos teores de carotenóides, enquanto no filme mais permeável a oxigênio houve redução de 25% do teor inicial, após 12 dias de armazenamento (Carlin *et al.*, 1990b).

6. Esbranquiçamento das raízes

O tecido esbranquiçado que se forma na superfície de cenoura minimamente processada, denominado "white blush" por alguns pesquisadores, torna o produto com aparência envelhecida e não atraente. Enquanto para alguns grupos de pesquisadores o esbranquiçamento é resultado da desidratação das células superficiais, devido aos danos causados pelo processamento (Tatsumi *et al.*, 1993; Avena-Bustillos *et al.*, 1994), para outros é devido à formação de lignina na superfície dos cortes (Bolin & Huxsoll, 1991). Para um terceiro grupo, o esbranquiçamento é causado pela combinação de dois processos, a desidratação e a formação de lignina (Cisneros-Zevallos *et al.*, 1995). A desidratação

se reflete em uma mudança de cor reversível que é tanto mais acentuada quanto maior a perda de água pela cenoura, enquanto a ativação de metabolismo fenólico e a produção de lignina resultam em uma mudança de cor irreversível.

7. Degradação de membranas lipídicas

As alterações nos teores de esteróis e fosfolípidios da membrana observadas em cenoura minimamente processada indicam que os processos de degradação e reparo de membranas coexistem durante o armazenamento (Picchioni *et al.*, 1994), sendo a regulação desses processos ainda desconhecida.

8. Deterioração

Apesar de o produto minimamente processado ser lavado com solução clorada, microorganismos podem sobreviver quando estão localizados dentro dos tecidos, no apoplasto e às vezes no simplasma, ou em áreas nas quais o produto químico não penetra (Watada *et al.*, 1996). A deterioração de cenoura minimamente processada é tipicamente uma fermentação ácido-láctica (Niketic-Aleksic *et al.*, 1973). Todos os isolados de bactérias ácido-lácticas foram identificados como *Leuconostoc mesenteroides*, comumente encontrada em plantas e em hortaliças minimamente processadas (Vároquaux & Wiley, 1994). A microflora natural de cenoura é composta em grande parte por organismos capazes de crescer na faixa de 5-30° C (Beuchat & Brackett, 1990). A quantidade e a composição da flora de leveduras não foram relacionadas à deterioração de cenoura minimamente processada (Babic *et al.*, 1992).

9. Contaminação por patógenos humanos

As hortaliças minimamente processadas podem veicular patógenos importantes do ponto de vista de saúde pública, tais como *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnei* e *Listeria monocytogenes*. De acordo com Nguyen-the & Carlin (1994) e Hurst (1995), o potencial de contaminação com esses patógenos está relacionado a fatores como: 1) a refrigeração não oferece proteção total contra

microorganismos, visto que nenhuma operação anterior é germicida; 2) apesar de a refrigeração inibir o crescimento de alguns microorganismos como bactérias ácido-lácticas, não evita o crescimento de outros como *Listeria monocytogenes*; 3) apesar de operações como tolete e lavagem eliminarem a presença de organismos decompositores da flora nativa, podem também introduzir outros que passam a ter vantagem competitiva; 4) temperaturas elevadas durante o transporte e comercialização do produto, em especial acima de 10°C, resultam em aumento da concentração de CO₂ e redução da concentração de O₂ dentro das embalagens, aumentando os riscos de desenvolvimento de organismos anaeróbicos como *Clostridium botulinum* e, 5) grande parte das hortaliças e frutas minimamente processadas são consumidas cruas.

Um dos patógenos mais importantes, *Listeria monocytogenes*, não cresceu em cenoura armazenada a 5°C ou a 15°C antes que ela fosse considerada inadequada para consumo devido à aparência ruim (Beuchat & Brackett, 1990). Foi proposto que constituintes naturais ou fitoalexinas, liberados devido ao rompimento das células, apresentam efeitos tóxicos sobre a bactéria.

FATORES QUE AFETAM A MAGNITUDE DA RESPOSTA À INJÚRIA

Vários fatores afetam a intensidade da resposta ao estresse, dentre eles espécie, cultivar, estágio de maturação fisiológica, extensão da injúria, temperatura, concentrações de O₂ e CO₂ na atmosfera, pressão de vapor de água e vários inibidores (Brecht, 1995). A compreensão do modo de ação desses fatores, assim como seu controle, são essenciais para a extensão da vida útil e manutenção da qualidade de cenoura minimamente processada.

1. Espécies e cultivares

Resultados encontrados em estudos de crescimento de células de cenoura, estudos de embriogênese em Umbelíferas e diferenças entre cultivares indicam que há grande possibilidade de ocorrência de variação genética quanto à capacidade de regeneração ce-

lular e longevidade de armazenamento. Cultivares, aparentemente, diferem quanto à capacidade de sintetizar fosfolípidos de membrana, após injúria e durante o armazenamento a longo prazo (Picchioni *et al.*, 1996), fatores esses relacionados à longevidade do produto processado. Babic *et al.* (1993) relataram variação entre cultivares de cenoura quanto à quantidade de exudato e quanto à deterioração de cenoura ralada, sendo que maior vida útil foi associada ao maior acúmulo de ácido clorogênico.

2. Formas de cortes e graus de injúria

A taxa de deterioração de cenoura é influenciada pelo tamanho das secções, pela proporção relativa de área vertical/horizontal e pelo tipo de tecido. Cortes longitudinais apresentaram maior aumento respiratório, deterioração mais rápida e maior alteração da concentração de O₂, CO₂ e C₂H₄ no interior da embalagem, comparativamente aos cortes transversais (Abe *et al.*, 1993; Abe & Chachin, 1995). Essa diferença foi relacionada à diferente proporção de xilema e floema expostos em cada tipo de corte, confirmada com resultados posteriores (Abe & Chachin, 1995) nos quais o corte influenciou as alterações fisiológicas do xilema em maior extensão do que as do floema. O tamanho dos cortes também foi importante e pedaços menores foram mais percebíveis do que os maiores.

3. Tratamentos químicos

Tratamentos químicos são usados, principalmente, para o controle de deterioração, redução de escurecimento e retenção da firmeza (Brecht, 1995).

a) Sanitizantes

O uso de cloro como agente sanitizante da hortaliça, assim como do ambiente e dos equipamentos, é prática padrão. Concentrações tão baixas quanto 1 a 3 mg/L de cloro livre são suficientes para a sanitização da água se o pH estiver entre 6,0-6,5 (Garret, 1992). Visto que a atividade do cloro é altamente dependente do pH, é importante a sua correção, o que pode ser conseguido com a adição de ácido cítrico. Na prática, aumenta-se a quantidade de cloro até atingirem-se concentrações da ordem de 100-200 mg/L para equipamentos. Para

lavagem e enxague da hortaliça processada, recomenda-se 2-7 mg/L de cloro livre ou 100-150 mg/L de cloro total, quando o pH da solução estiver entre 6,0 e 7,0 (IFPA, 1996). Quantidades excessivas de cloro, entretanto, podem causar descoloração, aumentar a corrosão dos equipamentos e formar compostos voláteis que causam intoxicação de pele e pulmão dos operadores (Hurst, 1995).

b) Antioxidantes

A imersão de cenoura picada em solução de ácido cítrico com concentração variando entre 1 mM e 100 mM reduziu a produção de CO₂ durante o armazenamento por sete dias a 15° C, sendo este efeito tanto maior quanto mais concentrada a solução utilizada (Kato Noguchi & Watada, 1997). O ácido cítrico não causou injúria, independentemente da concentração utilizada. A imersão em solução com pH 2,0 através da adição de ácido cítrico, por 30 segundos a 70°C, inibiu a formação de tecido esbranquiçado na superfície dos cortes (Bolin & Huxsoll, 1991). Apesar de os autores atribuírem esse resultado ao efeito do ácido cítrico sobre o metabolismo de lignina, a possibilidade de ter ocorrido um simples processo de hidratação das células não deve ser descartada.

Cenoura ralada, tratada com solução de CaCl₂ a 1%, apresentou firmeza 6-16% superior ao controle imediatamente após o tratamento e nos dez dias seguintes de armazenamento a 10°C (Picchioni *et al.*, 1996). Foi proposto que o cálcio preservou a integridade de membranas pela inibição de alterações nos lípidos, que são relacionadas à senescência e pelo aumento dos processos de reestruturação de membranas.

4. Irradiação

Ao contrário do que ocorre com cenoura inteira, a irradiação de cenoura picada (2 kGy) resultou em redução da respiração em 50% e da produção de etileno em 80% durante quatro dias, a 20°C. O quociente respiratório manteve-se próximo de 1 e não foi alterado pelo tratamento (Chervin *et al.*, 1992). O mesmo tratamento inibiu o crescimento de microflora aeróbica mesofílica e ácido-láctica, mas causou alteração da cor em cenoura minimamente proces-

sada (Chervin & Boisseau, 1994). Entretanto, em outro ensaio, a contagem de bactérias aeróbicas sete dias após a inoculação em cenoura picada, mantida a 10°C, foi a mesma observada em sacolas, cujo conteúdo havia ou não sido irradiado com 2 kGy (Chervin *et al.*, 1992).

5. Uso de recobrimentos

Recobrimentos comestíveis à base de celulose podem ser usados para reduzir a perda de água de cenoura minimamente processada e retardar a formação de tecido esbranquiçado (Li & Barth, 1998). Adicionalmente, esses revestimentos reduziram a perda de α -caroteno e de β -caroteno em cerca de 15% em relação ao controle (Li & Barth, 1998). Um dos revestimentos, com pH 2,7, induziu o aumento da produção de etileno sete a nove vezes em relação ao controle, enquanto para o outro revestimento, com pH 4,6, os níveis de etileno foram semelhantes ao controle, indicando a necessidade de seleção criteriosa dos revestimentos s serem empregados.

6. Atmosfera modificada e refrigeração

O manejo da temperatura é a ferramenta mais eficiente para estender a vida útil de cenoura minimamente processada. As reações metabólicas são reduzidas duas a três vezes para cada decréscimo de 10°C na temperatura. Na área de processamento, a temperatura deve ser mantida o mais próximo possível de 10°C, e durante a distribuição e comercialização, entre 0-5°C (Brecht, 1995). Entretanto, tem sido comum a utilização de temperaturas superiores à recomendada, entre 5°-10°C (Watada *et al.*, 1996).

Quando o produto é colocado dentro de uma embalagem selada, permeável a gases, o consumo de O₂ e a produção de CO₂ pela respiração resultam em modificação da atmosfera (Zagory & Kader, 1988). A elevação dos níveis de CO₂ e redução dos níveis de O₂, pode contribuir para o prolongamento da vida útil do produto processado desde que esses gases sejam mantidos nos níveis recomendados. Para se atingir e manter a composição da atmosfera dentro dos limites desejados, a permeabilidade do filme deve ser tal que permita a entrada de O₂ a uma taxa compensada pela res-

piração do produto. Do mesmo modo, a saída de CO₂ deve ser tal que permita estabelecer um equilíbrio com a quantidade de CO₂ produzida pela respiração.

Quando embalou-se cenoura ralada em diferentes filmes plásticos, com permeabilidade a O₂ variando de 950 a 220.000 cc/m²/dia/atm, as maiores concentrações de CO₂ e as menores de O₂ foram obtidas nos filmes menos permeáveis (Carlin *et al.*, 1990b). A taxa respiratória dos cortes embalados nos dois filmes menos permeáveis (permeabilidade a O₂ próxima a 6.000 cc/m²/dia/atm) foi a mais reduzida, correspondendo a 3 e 11% daquela observada em cortes mantidos no ar. O quociente respiratório neste caso, próximo a 6, indicou mudança do metabolismo para respiração anaeróbica. Quando foi utilizado filme de alta permeabilidade (220.000 cc/m²/dia/atm), a qualidade da cenoura foi mantida por maior período de tempo e foram observadas reduções do vazamento de eletrólitos, da produção de etanol e do crescimento de bactéria ácido-láctica.

É preciso lembrar entretanto, que filmes plásticos altamente permeáveis favorecem alta taxa respiratória (cerca de 1 mmol O₂/kg/h) com mais rápido consumo de carboidratos que pode causar perda de sabor pelas cenouras (Carlin, 1990b). Quando a cenoura descascada foi embalada em polietileno D-940 (permeabilidade a oxigênio de 968cc/100^{cm}2/24h) a 2°C, por três dias, a concentração interna estabilizou-se em 11-14% O₂ e menos de 1% de CO₂ (Howard & Griffin, 1993). Essa modificação da atmosfera foi considerada mínima e insuficiente para influenciar na taxa respiratória.

Atmosfera de 10% de CO₂ e 0,5% de O₂ reduziu a taxa respiratória de cenoura minimamente processada na forma de fatia, palito e ralada a 0°C, 5°C e 10°C, e contribuiu para a manutenção da qualidade devido à redução da deterioração e da perda de matéria fresca. Nenhum dos cortes sofreu efeitos deletérios da atmosfera utilizada. Logo, a concentração de oxigênio pode ser abaixada a níveis de 0,5% e a de dióxido de carbono pode ser elevada até 10% no interior de embalagens de plástico, sem efeitos deletérios sobre a qualidade, des-

de que a temperatura seja mantida próxima a 0°C (Izumi *et al.*, 1996).

Carlin *et al.* (1990a) observaram que o crescimento de bactéria ácido-láctica e leveduras foi mais rápido quando a concentração de CO₂ aumentou de 10 para 40%, independentemente da concentração de O₂.

Deve ser lembrado que a atmosfera modificada formada dentro da embalagem é dependente de temperatura. Sob temperatura inferior a 2°C, o impacto das diferenças entre plásticos quanto à permeabilidade são menores, visto que a atividade fisiológica e o crescimento microbiano são suficientemente reduzidos de modo a evitar a deterioração, mesmo quando são usados plásticos menos permeáveis (permeabilidade a O₂ da ordem de 6.000 ml/m²/atm/dia ou menor). Para temperaturas entre 6 e 10°C é importante usar filmes mais permeáveis (da ordem de 22.000 cc/m²/dia/atm a 25°C) para evitar a deterioração microbiana (Carlin *et al.*, 1990b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento mínimo de cenoura compreende a retirada da camada superficial da casca, seguida pela redução da raiz a pedaços menores na forma de rodela, cubos, palito, mini-cenoura e outras, devidamente acompanhadas pela limpeza e sanitização dos cortes. As mesmas características que tornam o produto minimamente processado atraente ao consumidor, quais sejam um produto *in natura*, sem conservantes, semipreparado e que requer menos tempo para o preparo das refeições reduzem sua durabilidade em relação ao produto *in natura* que não sofreu as mesmas operações de preparo. Conseqüentemente, o produto minimamente processado apresenta exigências específicas de preparo e manuseio para que sejam garantidas as qualidades organolépticas, nutricionais e microbiológicas. As informações atualmente disponíveis na literatura consultada são referentes a outros países, com maior tradição nessa atividade que o Brasil, onde a oferta desse produto e as pesquisas nessa área são recentes. Há carência de informações sobre a adequação das embalagens, condições de preparo, transporte e exposi-

ção do produto nos pontos de venda, atualmente em curso no País. As evidências de variabilidade genética entre os materiais de cenoura são de especial interesse para o Brasil, visto que as cultivares aqui desenvolvidas apresentam base genética diferente das americanas e européias e não foram selecionadas para características de qualidade de raiz para agroindústria. Outro tema que merece especial atenção é a definição dos atributos que devem ser considerados na inspeção de qualidade, orientando assim o estabelecimento de normas de controle de qualidade a serem empregadas no Brasil na análise de cenoura minimamente processada.

LITERATURA CITADA

- ABE, K.; CHACHIN, K. Physiological properties of carrot sections having difference in ratio of vertical or transverse cut surface. *Journal of Japanese Society of Cold Preservation of Foods*, v. 21, n. 2, p. 87-92, 1995.
- ABE, K.; YOSHIMURA, K.; IWATA, T. Effect of cutting direction on storability and physiological changes in partially processed carrots. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, v. 40, n. 2, p. 101-106, 1993.
- AVENA-BUSTILLOS, R.J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.A.; KROCHTA, J.M.; SALTVEIT, M.E. Jr. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*, v. 4, n. 4, p. 319-329, 1994.
- BABIC, I.; AMIOT, M.J.; NGUYEN-THE, C. Changes in phenolic content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. *Acta Horticulturae*, n. 343, p. 123-129, 1993.
- BABIC, I.; HILBERT, G.; NGUYEN-THE, C.; GUIRAUD, J. The yeast flora of stored ready-to-use carrots and their role in spoilage. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 27, p. 473-484, 1992.
- BEUCHAT, L.R.; BRACKETT, R.E. Inhibitory effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 56, n. 6, p. 1734-1742, 1990.
- BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science*, v. 56, n. 2, p. 416-418, 1991.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.
- CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C.; CHAMBROY, Y.; REICH, M. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content on fresh, "ready-to-use" grated carrots. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 25, p. 110-119, 1990a.

- CARLIN, F.; NUGYEN-THE, C.; HILBERT, G.; CHAMBROY, Y. Modified atmosphere packaging of fresh "ready-to-use" grated carrots in polymeric films. *Journal of Food Science*, v. 55, n. 4, p. 1033-1038, 1990b.
- CHERVIN, C.; BOISSEAU, P., Quality maintenance of ready-to-eat shredded carrots by gamma irradiation. *Journal of Food Science*, v. 59, n. 2, p. 359-361, 1994.
- CHERVIN, C.; TRIANTAPHYLIDES, C.; LIBERT, M.F.; SIADOUS, R.; BOISSEAU, P. Reduction of wound-induced respiration and ethylene production in carrot root tissues by gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology*, v. 2, n. 1, p. 7-17, 1992.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J.M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. *Journal of Food Science*, v. 60, n. 2, p. 320-323, 1995.
- GARRET, E. *Chlorination of Product Wash Water and Effects of pH Control*. Alexandria: International Fresh-cut Produce Association, 1992, 4 p.
- HOWARD, L.R.; GRIFFIN, L.E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrots. *Journal of Food Science*, v. 58, n. 5, p. 1065-1067, 1993.
- HURST, W.C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, v. 30, n. 1, p. 22-24, 1995.
- INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION (Alexandria, VA). *Food Safety guidelines for the fresh-cut produce industry*. 3.ed. Alexandria: IFPA, 1996. 125 p.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E.; KO, N.P.; DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrots slices, sticks and shreds. *Postharvest Biology and Technology*, v. 9, n. 2, p. 165-172, 1996.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A.E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. *HortScience*, v. 32, n. 1, p. 136, 1997.
- LI, P.; BARHT, M.M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*, v. 14, n. 1, p. 51-60, 1998.
- NIKETIC-ALEKSIC, G.K.; BOURNE, M.C.; STAMER, J.R. Preservation of carrots by lactic acid fermentation. *Journal of Food Science*, v. 38, n. 1, p. 84-86, 1973.
- NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.
- PICCHIONI, G.A.; WATADA, A.E.; ROY, S.; WHITAKER, B.D.; WERGIN, W.P. Membrane lipid metabolism, cell permeability, and ultrastructural changes in lightly processed carrots. *Journal of Food Science*, v. 59, n. 3, p. 597-601, 1994.
- PICCHIONI, G.A.; WATADA, A.E.; ROY, S.; WHITAKER, B.D.; REYES, A. Calcium delays senescence-related membrane lipid changes and increases net synthesis of membrane lipid components in shredded carrots. *Postharvest Biology and Technology*, v. 9, n. 2, p. 235-245, 1996.
- TATSUMI, Y.; WATADA, A.E.; LING, P.P. Sodium chlorine treatment or waterjet slicing effects on white tissue development os carrot sticks. *Journal of Food Science*, v. 58, n. 6, p. 1390-1392, 1993.
- VAROQUAUX, P.; WILEY, R.C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R.C. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. New York: Chapman and Hall, 1994. p. 226-268.
- WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*, v. 9, n. 2, p. 115-125, 1996.
- ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.