



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e  
Tecnologia de Alimentos  
Brasil

Spagnol, Wigberto Antonio; Jin Park, Kil; Monteiro Sigrist, José Maria  
TAXA DE RESPIRAÇÃO DE CENOURAS MINIMAMENTE PROCESSADAS E  
ARMAZENADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS  
Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 26, núm. 3, julio-septiembre, 2006, pp. 550-5554  
Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940079011>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# TAXA DE RESPIRAÇÃO DE CENOURAS MINIMAMENTE PROCESSADAS E ARMAZENADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS<sup>1</sup>

Wigberto Antonio SPAGNOL<sup>2,\*</sup>, Kil Jin PARK<sup>2</sup>, José Maria Monteiro SIGRIST<sup>3</sup>

## RESUMO

Entre as hortaliças minimamente processadas, a cenoura é uma das mais populares, sendo comercializada de várias maneiras: raladas, cortadas em fatias, palitos, e ainda apresentadas na forma de mini-cenoura (*baby carrot*). O objetivo deste estudo foi determinar as taxas respiratórias de cenouras (*Daucus carota*) da cultivar Nantes minimamente processadas. O armazenamento foi realizado nas temperaturas de 1 °C, 5 °C e 11 °C, e 90% UR. A taxa respiratória foi determinada usando um fluxo contínuo de ar. O teor de CO<sub>2</sub> e etileno foi medido por um cromatógrafo a gás. A taxa de respiração para as cenouras fatiadas foi mais alta do que para os produtos inteiros. Os valores da energia de ativação obtidos para as cenouras fatiadas e inteiras foi de 69,82 kJmol<sup>-1</sup> e 54,60 kJmol<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção de etileno foi insignificante para as cenouras durante os 14 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** coeficiente respiratório, cromatografia gasosa, energia de ativação, armazenamento, hortaliças.

## SUMMARY

RESPIRATION RATE OF STORAGE PROCESSED CARROTS AT DIFFERENT TEMPERATURES. The carrot is one of the most popular vegetables from minimally processed vegetables. It is commercialized in many different ways: shreds, slices, sticks and baby carrots. The aim of this work is to determine the respiration rate of minimally processed carrots. They were in storage at temperatures of 1 °C, 5 °C and 11 °C, and 90% RH. The respiration rate was determined using continuous humidification airflow and measuring the CO<sub>2</sub> concentration using a gas chromatograph connected to a microcomputer. The respiration rates of the minimally processed carrots showed a higher respiration rate than for the whole products. The activation energy values calculated for the minimally processed carrots corresponded to 69.82 kJmol<sup>-1</sup> for the whole products. The ethylene production for the carrots remained insignificant throughout the 14 days of storage.

**Keywords:** gas chromatograph, respiration rate, vegetables, energy of activation, storage.

## 1 - INTRODUÇÃO

O consumo de produtos frescos, frutas e hortaliças, tem sido associado com uma dieta saudável [21]. A importância de uma dieta saudável é reconhecida por algumas instituições governamentais e não-governamentais, internacionais, as quais têm se dedicado com muito esforço na implementação de políticas nutricionais e campanhas educacionais de conscientização da população para aumentar o consumo de produtos frescos. Por exemplo, no Brasil, o câncer hoje já ocupa o segundo lugar em causas de morte por doenças, perdendo apenas das doenças cardiovasculares [8]. Entre os fatores alimentares identificados que podem diminuir o risco de desenvolvimento de câncer estão as frutas e hortaliças ricas em substâncias antioxidantes, tais como a vitamina E, vitamina C, carotenóides e fenólicos que protegeriam o organismo dos efeitos nocivos dos radicais livres [21]. A cenoura (*Daucus carota*) constitui-se em uma das hortaliças mais produzidas, sendo de grande emprego na indústria de alimentos, podendo ser processada para conserva

enlatada, em mistura com outras hortaliças ou também na forma desidratada. O cultivo da cenoura abrange cerca de 28 mil hectares/ano nas diferentes regiões do Brasil [22]. Em 2001, o valor total da produção foi de US\$ 143 milhões, o equivalente a 5% do valor total da produção de hortaliças. Os carotenóides existentes na cenoura, responsáveis pela cor alaranjada das raízes, têm atividade pró-vitamina A, quer dizer, quando ingeridos pelo ser humano, são transformados em vitamina A, constituindo-se em uma das principais fontes desta vitamina para a população [13]. As variedades de cenoura diferenciam-se pelo ciclo, forma, comprimento e coloração das raízes; a cor predominante é alaranjada, mas existem variedades amarelas e mesmo brancas, utilizadas, entretanto, somente como forrageiras [5]. A cultivar Brasília, desenvolvida pela Embrapa, e responsável pela maior parte dos plantios brasileiros, é adaptada às condições de muitas regiões produtoras, podendo ser cultivada durante o ano inteiro. Essas características proporcionam a regularização da oferta de cenouras no mercado brasileiro, a diminuição dos custos produtivos, como também uma grande expansão nos plantios em regiões como São Gotardo em Minas Gerais, e Irecê na Bahia [13]. Atualmente, como consequência de um novo perfil da população, a conveniência do consumidor passa a ter um peso maior, exigindo que: a) as hortaliças sejam ofertadas em novas formas de apresentação e preparo, atendendo às várias faixas etárias; e b) apresentando produtos lavados, higienizados e prontos para o consumo e, as embalagens sejam menores [12]. Entre as hortaliças minimamente processadas, a cenoura é uma das mais populares, sendo apresentada para a comercializada de várias maneiras:

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 3/3/2005. Aceito para publicação em 6/7/2006 (001495)

<sup>2</sup>(FEAGRI/UNICAMP), C. P. 6011, CEP 13083-970, Campinas (SP), Brasil

E-mail: [wspagnol@terra.com.br](mailto:wspagnol@terra.com.br)

<sup>3</sup>(ITAL), Av. Brasil, 2880, C. P. 139, CEP 13073-001, Campinas (SP), Brasil

\* A quem a correspondência deve ser enviada

raladas; cortadas em fatias, cubos, palitos; e na forma de mini-cenoura (*baby carrot*). Os danos físicos causados durante o processamento mínimo, tais como: descascamento, corte, retirada de partes não-comestíveis, podem causar o aumento de produção de etileno e da taxa respiratória [17]. Como consequência, também ocorre a aceleração de complexas reações bioquímicas responsáveis pelas alterações de cor, como o esbranquiçamento, bem como pelas perdas de aroma, sabor e qualidade nutricional [14]. Isso faz com que a taxa respiratória seja um bom índice de previsão da velocidade da perda de qualidade das cenouras após a colheita [11]. E, o controle do efeito dos fermentos sobre o metabolismo do produto é a chave para manter a qualidade de um produto minimamente processado durante o período necessário para distribuição e comercialização [3]. O impacto dos danos físicos sobre a taxa respiratória pode ser reduzido pelo resfriamento do produto. Os efeitos da temperatura sobre reações bioquímicas são geralmente quantificados como  $Q_{10}$ , coeficiente que indica quantas vezes aumenta a velocidade de uma reação a cada acréscimo de 10 °C [18]. Desta forma, recomenda-se a conservação a temperaturas mais baixas possíveis acima do ponto de congelamento do produto [26]. WATADA *et al.* [25] afirmaram que produtos minimamente processados, que sofreram danos físicos, como cortes e descascamentos, em virtude de serem mais perecíveis do que suas matérias-primas (produtos inteiros), deveriam ser mantidos em temperaturas mais baixas. Estes autores, analisando a taxa de respiração de alguns produtos em diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C, 10 °C e 20 °C), observaram que dos produtos minimamente processados, as matérias-primas transformadas apresentaram maior taxa de respiração do que as não transformadas (os inteiros), e que a porcentagem de aumento foi variável, dependendo da hortaliça. Estudos realizados por BOLIN *et al.* (1977), citado em ZAGORY [26], afirmam que o tempo de comercialização de hortaliça minimamente processada é 2,5 vezes maior a 2 °C do que a 10 °C, sendo a temperatura o principal fator de influência para a pré-conservação da qualidade do produto, portanto, para prolongar a sua comercialização. A decisão de compra dos consumidores é influenciada pela aparência, sendo crítico em cenouras por causa da perda da coloração e o murchamento. TOIVONEN *et al.* [24] afirmaram que 8% de perda de peso é o limite para a comercialização de cenouras. No presente trabalho objetivou-se avaliar as taxas de respiração de cenouras minimamente processadas e armazenadas a diferentes temperaturas, comparando o produto inteiro com o cortado.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas cenouras (*Daucus carota*) da Cultivar Brasília, classificadas como tipo A, cultivadas na região sul de Minas Gerais. Após a colheita, as cenouras foram lavadas e transportadas à temperatura ambiente até o ITAL, onde foram armazenadas durante 1 dia a 1 °C. O processamento mínimo foi realizado em sala com a temperatura variando de 15 °C-20 °C e consistiu das seguintes etapas: seleção e classificação, sanitização, corte das extremidades, descascamento, fatiamento em rodela de 2 mm de espessura e

centrifugação. A sanitização foi realizada em solução de cloro ativo de 200  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  durante 5 e 3 min, respectivamente para os produtos inteiros e fatiados. O fatiamento foi realizado no processador *Robot Coupe CL50*, específico para hortaliças. A centrifugação foi realizada em centrífuga semi-industrial (*AngeloPO*) durante o tempo de 50 s. Após a centrifugação, os produtos foram pesados (500 g) e acondicionados em frascos de vidro de 2,8 L, sendo utilizados 4 frascos em cada temperatura estudada. O armazenamento nas câmaras frias foi realizado nas temperaturas de 1 °C, 5 °C e 11 °C e 90% UR. A taxa respiratória foi determinada empregando-se um fluxo contínuo de ar [4, 7]. Realizou-se a medição da concentração de  $\text{CO}_2$  e do etileno do ar no interior do frasco contendo o produto e usando um cromatógrafo a gás, marca Varian, o qual foi equipado com colunas Porapak-N para o FID e Hysesep N para o TCD. Para a detecção do  $\text{CO}_2$ , foi utilizado o TCD, sendo ajustado nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 140 °C para coluna, injetor e detector, respectivamente. Para a detecção do etileno, foi utilizado o FID, sendo as temperaturas as mesmas citadas antes. O gás de arraste usado no detector e nas colunas foi o hidrogênio, sendo o fluxo para a coluna do TCD igual a 26 mL por minuto, o fluxo para a coluna do FID igual a 20 mL por minuto e o fluxo no detector igual a 10 mL por minuto. O fluxo de ar sintético foi regulado para 300 mL por minuto. A retirada de uma amostra de ar do interior do frasco era feita com auxílio de uma seringa, coletando um volume de 1 mL de ar na saída do frasco. As concentrações de  $\text{CO}_2$  e etileno foram medidas durante 14 dias em quadruplicata. A primeira medida foi feita após um dia do processamento mínimo e sendo realizadas em intervalos de 2 dias até o 14º dia. O valor de  $Q_{10}$ , coeficiente que indica quantas vezes aumenta a velocidade de uma reação a cada acréscimo de 10 °C na temperatura, foi calculado conforme indicado na equação:  $Q_{10} = Tr_{t+10} / Tr_t$ , onde  $Tr_t$  é a taxa respiratória na temperatura  $t$ ; e  $Tr_{t+10}$  é a taxa respiratória na temperatura  $t + 10$  °C. A energia de ativação ( $E_a$ ) foi determinada pela relação linear existente entre o logaritmo natural das taxas respiratórias ( $\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) com o inverso da temperatura absoluta (K) [23]. Por meio da multiplicação do coeficiente angular da reta de Arrhenius obtido da reta do gráfico pela constante universal dos gases ( $R = 8,3144 \text{ Jmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), calculou-se a energia de ativação conforme a equação:  $\text{Ln TR} = \text{Ln TR}^* [- E_a / R (T + 273)]$ , onde TR é a taxa respiratória;  $\text{TR}^*$  é a respiração pré-exponencial; R é a constante dos gases e T é a temperatura (K). O método de medição da taxa de respiração que usa sistema de fluxo contínuo envolve a passagem de uma taxa de fluxo de gás conhecida através de um recipiente com produto. Pela determinação da diferença entre a concentração inicial de  $\text{O}_2$  e/ou  $\text{CO}_2$  e aquela da saída do recipiente, é possível calcular a taxa de respiração [11]. No entanto, erros sistemáticos podem ocorrer devido à dificuldade de se medir e controlar o fluxo de gás. Portanto, uma imprecisão do método está ligada ao cálculo do fluxo de gás que passa pelo recipiente. Uma estimativa prévia da taxa de respiração deve ser feita para determinar este fluxo de gás [11]. Como exemplo, temos a aplicação deste método por WATADA *et al.* [25], o qual utilizou um fluxo contínuo a uma velocidade de ar que impedisse

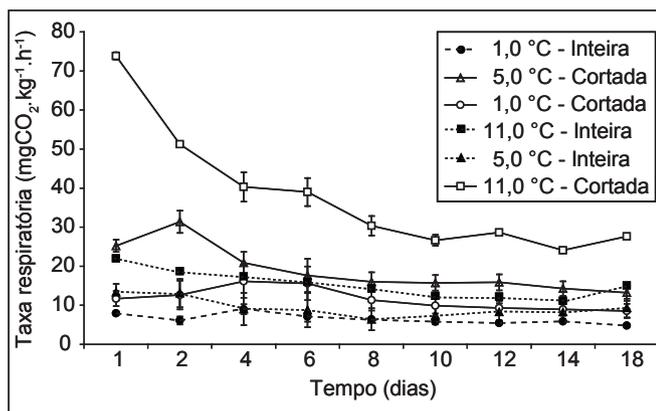
uma concentração de  $\text{CO}_2$  no interior do frasco superior a 0,3%. IZUMI *et al.* [15] calcularam este fluxo para 100 g de produto, utilizando uma velocidade de ar igual a  $0,42 \text{ Lh}^{-1}$ ;  $0,54 \text{ Lh}^{-1}$  e  $0,90 \text{ Lh}^{-1}$ , respectivamente para as temperaturas de  $0^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ . No presente estudo, esta velocidade foi calculada para 500 g de produto correspondendo a  $1,3 \text{ Lh}^{-1}$ ;  $1,7 \text{ Lh}^{-1}$  e  $3,1 \text{ Lh}^{-1}$ , considerando a taxa respiratória nas temperaturas de  $1^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $11^\circ\text{C}$ .

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *Figura 1* apresenta as curvas de taxa respiratória de cenouras minimamente processadas inteiras e fatiadas. A alta temperatura de armazenamento ( $11^\circ\text{C}$ ) associada aos danos físicos causados pelo processamento mínimo (descascamento e fatiamento) da matéria-prima acelerou a taxa respiratória. Isso é nítido quando se compara com a cinética das curvas das cenouras armazenadas a  $5^\circ\text{C}$  e  $1^\circ\text{C}$ , nas quais as diferenças são bem menores entre o produto fatiado e o produto inteiro.

Também, verifica-se uma influência marcante da alta temperatura na taxa respiratória do produto, uma vez que a  $11^\circ\text{C}$  ocorre uma lenta diminuição da taxa de respiração, demorando em torno de 8 dias para atingir um estado de equilíbrio. Enquanto que, tanto a  $1^\circ\text{C}$  como a  $5^\circ\text{C}$  a variação da taxa respiratória é menor e atinge um equilíbrio praticamente a partir do quarto dia de armazenamento. As taxas de respiração (*Figura 1, Tabela 1*) para as cenouras fatiadas foram mais altas do que para os produtos inteiros. Segundo BRECHT [3], este aumento na taxa de respiração em tecidos de plantas que sofrem fermentos, pode ser consequência do aumento da produção de etileno, o qual estimula a respiração. Assim, cita como exemplo a respiração da fruta kiwi quando cortada, que dobrou comparada à fruta inteira.

A respeito da influência de etileno e da temperatura sobre a taxa de respiração em cenouras minimamente processadas (fatiadas), LAFUENTE *et al.* [19] mostraram que 0,1 ppm de etileno a  $1^\circ\text{C}$  e  $5^\circ\text{C}$  teve pequena ou desprezível influência sobre a taxa de respiração. No entanto, quando aplicado 0,5 ppm a  $5^\circ\text{C}$ , houve um sensível aumento da taxa respiratória.



**FIGURA 1** – Curvas de respiração ( $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) de cenouras inteiras e fatiadas, armazenadas nas temperaturas de  $1^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $11^\circ\text{C}$  (90% UR).

Também AMANATIDOU *et al.* [1] e CHERVIN *et al.* [6] constataram que cenouras minimamente processadas (fatiadas) tiveram um rápido aumento na taxa de respiração, durante as primeiras horas de armazenamento, comprovando que o fermento causado no processamento acelerou a respiração, fazendo com que a curva de respiração estivesse alta no início do armazenamento.

**TABELA 1** – Taxas de respiração e valores de  $Q_{10}$  de cenouras inteiras e fatiadas, cultivar Brasília, armazenadas nas temperaturas de  $1^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $11^\circ\text{C}$  (90% UR).

Cenouras	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	Taxa de Respiração ( $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )	$Q_{10(1-11^\circ\text{C})}$
Inteiras	1	$6,60 \pm 0,75$	2,32
	5	$8,84 \pm 0,75$	
	11	$15,18 \pm 0,75$	
Fatiadas	1	$12,49 \pm 0,75$	3,00
	5	$19,58 \pm 0,75$	
	11	$36,04 \pm 0,75$	

\*Média dos valores obtidos entre o 2º e o 12º dia de armazenamento ( $\pm$  DP).

Comparando os valores médios de respiração no presente estudo, obtidos nas temperaturas de  $1^\circ\text{C}$  e  $5^\circ\text{C}$  (*Tabela 1*), observa-se que são diferentes aos obtidos por WATADA *et al.* [25]. Estes autores relataram taxas respiratórias para cenouras fatiadas a  $2,5^\circ\text{C}$  e  $7,5^\circ\text{C}$  iguais a  $6,0$  e  $10,0 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectivamente. A mesma diferença de valores da taxa de respiração (*Figura 1, Tabela 1*), obtidas no presente estudo, também foi encontrada nos estudos realizados por IZUMI *et al.* [15]. Estes estudos compreenderam medidas das taxas de respiração em cenouras minimamente processadas sob fluxo contínuo, comparando o processo de corte em fatias (4 mm largura, 50 mm diâmetro) e em tiras (5 mm largura, 50 mm comprimento e as espessuras de 2 e 4 mm), armazenando-as nas temperaturas de  $0^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ . As taxas de respiração alcançaram o equilíbrio no oitavo dia, correspondendo a  $4,95 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $12,5 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  e  $24,31 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectivamente a  $0^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ . E, DAY [9] apresenta valores para taxas de respiração de cenouras raladas, semelhantes aos obtidos no presente estudo, correspondendo a  $11,29 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ;  $23,35 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ; e  $41,33 \text{ mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectivamente para temperaturas de armazenamento de  $0^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ .

As diferenças nos valores de taxas respiratórias medidas em frutas e hortaliças podem ser explicadas por vários outros fatores como: variedade, estágio de desenvolvimento na colheita, composição química afetada pelas condições climáticas e práticas culturais [16]. Também é possível explicar estas diferenças em função de erros sistemáticos que podem ocorrer devido à dificuldade de se medir e controlar o fluxo de gás quando utiliza-se o sistema de fluxo contínuo para calcular a taxa de respiração [11].

Os valores de  $Q_{10}$  para cenouras inteiras e fatiadas considerando a faixa de temperatura compreendida entre  $1^\circ\text{C}$  e  $11^\circ\text{C}$  são apresentados na *Tabela 1*. Dentro desta faixa de temperaturas, verificou-se que ocorreu uma elevação de

2,32 e 3,00 vezes na taxa de respiração, respectivamente para as cenouras inteiras e fatiadas. Resultados semelhantes para cenouras fatiadas foram encontrados por IZUMI *et al.* [15], onde o valor de  $Q_{10}$  variou de 1,6 a 4,0 entre as temperaturas de 0 °C e 10 °C. Tais resultados comprovam a importância de se manter uma baixa temperatura em toda cadeia de comercialização, uma vez que, a redução do processo respiratório influencia diretamente o tempo de vida-de-prateleira do produto.

As curvas apresentadas nas Figuras 2 e 3 foram construídas para a determinação da energia de ativação ( $E_a$ ) por meio do cálculo do coeficiente angular da curva linearizada da equação de Arrhenius, para as cenouras inteiras e fatiadas. As  $E_a$  calculadas para as cenouras inteiras e fatiadas foram iguais a 54,60 kJ.mol<sup>-1</sup> e 69,82 kJ.mol<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores da  $E_a$  calculados para as cenouras são compatíveis com os citados em literatura (alface = 51,1 kJ.mol<sup>-1</sup>; rabanete = 71,4 kJ.mol<sup>-1</sup>; couve-flor=57,3 kJ.mol<sup>-1</sup>) [10]. EXAMA *et al.* [10] fundamentaram, em função da comparação do valor da  $E_a$  do produto e da embalagem, uma metodologia para a determinação do filme plástico mais adequado para evitar ambientes anaeróbicos no interior de embalagem com hortaliças minimamente processadas. Segundo os autores, esta forma de análise para estabelecer qual das embalagens é mais conveniente para um produto específico, proporcionando uma escolha inicial de filmes poliméricos, pode minimizar a necessidade de um número grande de testes experimentais. Recomendam que frutas ou hortaliças minimamente processadas sejam embaladas em filmes plásticos com  $E_a$  maior do que a dos produtos. A recomendação acima está relacionada ao problema de que as hortaliças minimamente processadas e embaladas são geralmente expostas a variações de temperatura conforme as condições de logística às quais são submetidas (manuseio, armazenamento, transporte e venda). Tais variações na temperatura do ambiente, onde se encontra o produto, geram um problema na definição da embalagem com atmosfera modificada, devido à taxa de mudança da respiração ser diferente da correspondente alteração de permeabilidade dos filmes da embalagem. Tal fato dificulta manter uma atmosfera ótima dentro da embalagem quando a temperatura do meio não é constante. Sabe-se que a taxa respiratória de muitas hortaliças minimamente processadas aumenta mais rapidamente do que a permeabilidade de filmes utilizados comercialmente, o que pode conduzir a desordens fisiológicas [10]. BEAUDRY *et al.* [2] recomendam que o aumento da permeabilidade das embalagens ao O<sub>2</sub> deve ser maior do que o aumento de consumo do O<sub>2</sub> pela taxa respiratória, quando ocorre elevação da temperatura.

Nas medições realizadas de etileno para cenoura durante os 14 dias de armazenamento, para as três temperaturas estudadas, a produção de etileno foi insignificante, não sendo detectada nas leituras do cromatógrafo, em virtude da sensibilidade do aparelho. LI & BARTH [20], em estudo sobre a influência da cobertura comestível em cenouras minimamente processadas em fatias durante 14 dias, mediram uma produção de etileno de 0,084 µl/g/h. IZUMI *et al.* [15] verificaram que a produção de etileno foi menor que

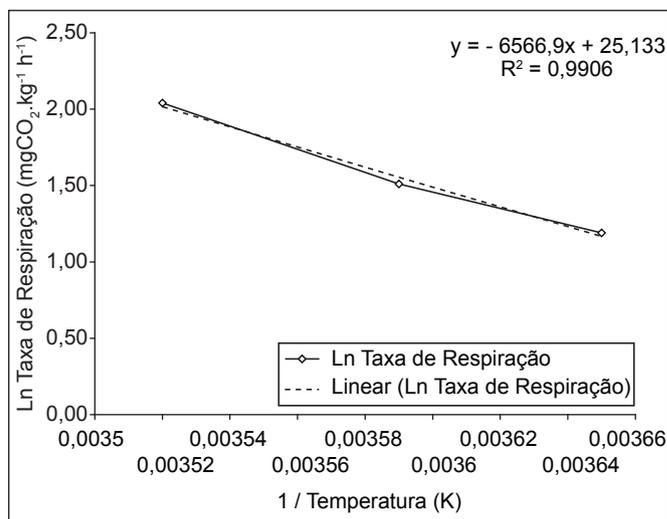


FIGURA 2 – Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras inteiras, armazenadas nas temperaturas de 1 °C, 5 °C e 11 °C (90% UR).

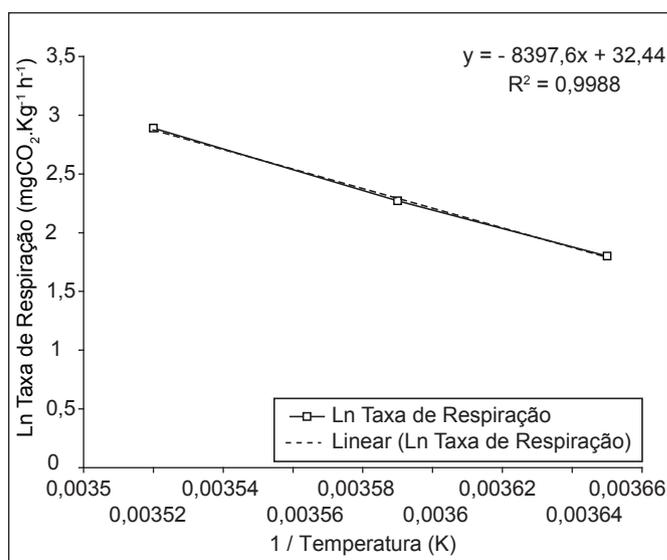


FIGURA 3 – Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras fatiadas, armazenadas nas temperaturas de 1 °C, 5 °C e 11 °C (90% UR).

0,1 µl/kg/h nas temperaturas de 0 °C, 5 °C e 10 °C, sendo similar para as cenouras cortadas em fatias ou em tiras.

#### 4 - CONCLUSÕES

Os danos físicos causados nos tecidos vegetais pelo processamento mínimo aumentaram a taxa de respiração das cenouras em relação ao produto inteiro.

O aumento na temperatura de armazenamento de 10 °C causou a aceleração da taxa de respiração de 2 a 3 vezes nas cenouras minimamente processadas, inteiras e fatiadas, confirmando a grande influência da temperatura no metabolismo.

Os valores da energia de ativação ( $E_a$ ) obtidos para as cenouras minimamente processadas foram de 69,82 kJ.mol<sup>-1</sup>

e 54,60 kJ.mol<sup>-1</sup>, respectivamente para os produtos fatiados e inteiros.

A produção de etileno para a cenoura armazenada durante os 14 dias, nas três temperaturas estudadas, foi insignificante.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMANATIDOU, A.; SLUMP, R. A.; GORRIS, L. G. M.; SMID, E. J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 65, n. 1, p. 61-66, 2000.
- [2] BEUADRY, R. M.; CAMERON, A. C.; SHIRAZI, A.; DOSTAL-LANGE, D. L. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit, effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 117, n. 3, p. 436-441, 1992.
- [3] BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 18-21, 1995.
- [4] CALBO, A. G. Adaptação de um fluxocentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. **Pesquisa Agropec. Bras.**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 733-739, 1989.
- [5] CAMARGO, L. S. **Cenoura (*Daucus carota*)**. In: Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo, Campinas. Instituto Agrônomo de Campinas. Boletim 200. p. 74-75, 1972.
- [6] 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, 401, 1994.
- [7] CLAYPOOL, L. L., KEEFER, R. M. A colorimetric method for CO<sub>2</sub> determination in respiration studies. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 40, p. 177-186, 1942.
- [8] COSTA-SILVA, V. L., MENDONÇA, A. L. S. **A transição nutricional e suas conseqüências na formulação de ações de prevenção de câncer**. Disponível em: <www.cip.saude.sp.gov.br/Revistac2>. Acesso em: 10 out. 2001.
- [9] DAY, B. P. F. **Fresh prepared produce: GMP for high oxygen MAP and non-sulphite dipping**. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. Guideline n. 31. 2001.
- [10] EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 1, p. 365-1370, 1993.
- [11] FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 99-119, 2002.
- [12] FRUTIFATOS. **Praticidade impulsiona venda de pré-processados**, v. 2, n. 2, p. 42-47, junho, 1998.
- [13] GLOBO RURAL. **Novas técnicas-cenoura**. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://globorural.globo.com/edic172/nova\_tec1>. Acesso em: 15 dez. 2004.
- [14] HUXSOLL, C. C., BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**. 1989. p. 124-128.
- [15] 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, p. 165-172, 1996.
- [16] KADER, A. A. Respiration and gas exchange of vegetables. In: WEICHMANN, J. (Ed.) **Postharvest Physiology of Vegetables**. Marcel Dekker, Inc, New York and Basel, 1987. Cap 3, p. 78-88.
- [17] KATO-NOGUSHI, H., WATADA, A. E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 136, 1997.
- [18] KAYS, J. S. Metabolic processes in harvested products. In: VAN NOSTRAND REINHOLD (Ed.) **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products**. N.Y., 1991, p. 75-141.
- [19] LAFUENTE, Ma. T.; LÓPEZ-GALVEZ, G.; CANTWELL, M.; YANG, S. Fa. Factors influencing ethylene-induced isocoumarin formation and increased respiration in carrots. **J. Amer. Hort. Science**, v. 12, n. 3, p. 537-542, 1996.
- [20] LI, P., BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 51-60, 1998.
- [21] SERAFINI, M. The effects of minimal processing operations on the nutritional components of fresh-cut produce. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRESH-CUT PRODUCE. Gloucestershire, UK. **Conference Proceedings**. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 13 - 14 September, 2001.
- [22] SOB. **Embrapa busca otimizar sistema de produção de cenoura em Rondônia**. Notícias. p. 1-3, 11-11-2004. Disponível em <www.horticiencia.com.br/news/news2>. Acesso em: 20 dez. 2004
- [23] TELES, C. S. **Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea, L. var. acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada**. Viçosa, 2001, 95 p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa.
- [24] TOIVONEN, P. M. A.; UPADHYAYA, M. K. e GAYE, M. M. Low temperature preconditioning to improve shelf life of fresh market carrots. **Acta Horticulturae**, v. 343, p. 339-344, 1993.
- [25] WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.
- [26] ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 313-321, 1999.

## 6 - AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à FAPESP o financiamento por meio da bolsa de doutorado, à FEAGRI-UNICAMP pela oportunidade de realizar o curso de doutorado e ao GEPC/ITAL pela utilização do laboratório do Centro de Tecnologia de Hortifrutícola que possibilitaram a realização deste trabalho.