

SP04101

DOC Nº CL07027

# *Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*

*Celso L. Moretti*  
*Editor Técnico*



**SEBRAE**

**Embrapa**

# *Capítulo 25*

## **Processamento mínimo de repolho**

*Ebenézer de O. Silva  
Marcelo A. G. Carnelossi  
Rolf Puschmann  
Nilda de F. F. Soares  
Maria C. D. Vanetti  
Valéria P.R. Minin  
Rodrigo da S. Campos*

## 1. Introdução

Nos últimos anos, mudanças no estilo de vida levaram as pessoas a dispor de menos tempo para o preparo de suas refeições e a aumentar a procura por alimentos frescos, convenientes e com alta qualidade sensorial e nutricional. Ao mesmo tempo tem aumentado o número de empresas de alimentação, compreendendo restaurantes com sistema de comida a quilo, restaurantes tradicionais, cozinhas industriais e empresas de "catering". Essa nova realidade vem estimulando, por parte das pessoas e das empresas, o interesse pela produção de frutas e hortaliças minimamente processadas.

Os minimamente processados mais consumidos pela população brasileira são obtidos a partir de hortaliças, dentre as quais se destaca o repolho. Além do alto consumo, o repolho propicia boa agregação de valor quando minimamente processado.

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma hortaliça de cabeça, formada por folhas espessas, cerosas, conchoidais e imbricadas numa sobreposição de folhas. Destaca-se como fonte de vitamina C, mas também fornece vitaminas B1, B2, E e K, além de sais minerais, sobretudo cálcio e fósforo (LANA *et al.*, 2003). As variedades mais apropriadas ao processamento mínimo são as que têm alta compacidade da cabeça (cabeças mais firmes), por oferecer maior resistência ao corte e, conseqüentemente, resultar num produto de melhor qualidade.

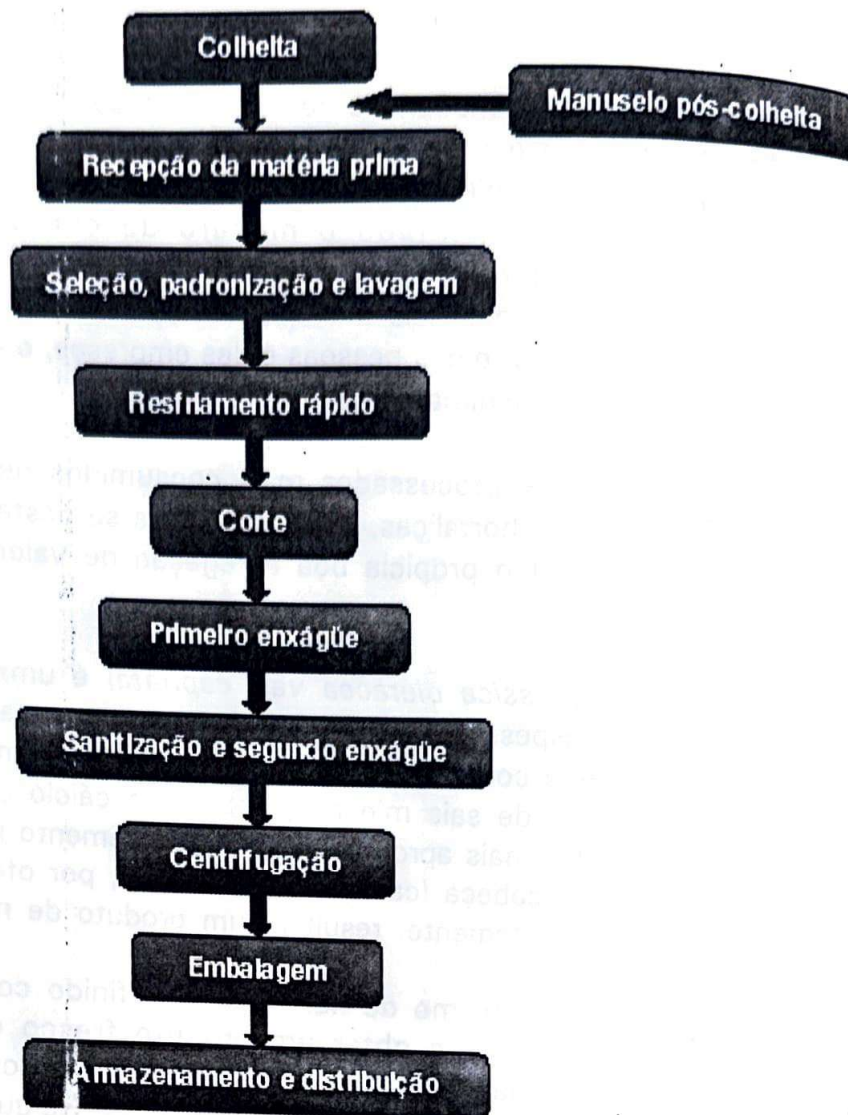
Processamento mínimo de hortaliças é definido como qualquer alteração física realizada de modo a obter um produto fresco que não necessite de subsequente preparo para o consumo. O processamento mínimo do repolho é, então, a transformação *in natura* desse produto, processo que começa com cuidados desde a colheita e pós-colheita e compreende várias outras etapas, como seleção, lavagem, resfriamento rápido, corte, enxágüe, sanitização, segundo enxágüe, centrifugação, embalagem, armazenamento, distribuição e comercialização.

A vida útil do repolho minimamente processado é curta porque o processamento causa injúrias nos tecidos, as quais induzem respostas fisiológicas e bioquímicas (SILVA, 2000) e microbiológicas (FANTUZZI, 1999) que aceleram a senescência, diminuindo a qualidade e o tempo de vida do produto. No entanto, o abaixamento da temperatura em toda a cadeia produtiva, associado ao uso de atmosfera modificada passiva, possibilita a produção, distribuição e comercialização de repolho minimamente processado com boa qualidade e vida de prateleira estendida.

## 2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de repolho

Para o sucesso da atividade de processamento mínimo de repolho requer-se a coordenação e a integração cuidadosa de todas as etapas mostradas no fluxograma a seguir (figura 1), e que são gerais para a maioria das hortaliças.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de repolho.



## 2.1 Colheita

Deve-se colher o repolho com as melhores características para consumo *in natura*, ou seja, as cabeças devem ser firmes, compactas e sem rachaduras, e as folhas devem estar livres de manchas escuras e de perfurações.

A colheita deve ser realizada pela manhã, nas horas mais frescas do dia. Deve ser manual, com auxílio de uma faca afiada e limpa para cortar a base do caule, deixando-se algumas folhas externas para a proteção da cabeça durante o transporte. Imediatamente após a colheita o repolho deve ser acondicionado em caixas de plástico e transportado para o setor de refrigeração da unidade de processamento.

Durante a colheita deve-se manter bom padrão de higiene no campo, pois o preparo de hortaliças para processamento mínimo e a garantia de qualidade se iniciam na colheita. A limpeza adequada dos instrumentos e equipamentos usados na colheita é um importante fundamento no controle fitossanitário pós-colheita. Todos os equipamentos como facas, caixas de plástico e sacos devem estar limpos e higienizados. As caixas de plástico para a acomodação das cabeças de

repolhos colhidas não devem ficar em contato com o solo, a fim de evitar o transporte de sujeira para a área de processamento e a contaminação do produto com microorganismos fitopatogênicos.

## **2.2 Manuseio pós-colheita**

As práticas de manuseio pós-colheita são tão importantes quanto as práticas culturais e as etapas do processamento mínimo. Os cuidados com a matéria-prima são decisivos para assegurar a qualidade e a aceitabilidade do produto final.

Após a colheita, o repolho deve ser colocado em caixas apropriadas e armazenado à sombra ou em locais cobertos, preferencialmente equipados com sistema de pulverização com água limpa, para evitar o murchamento e o ressecamento do produto. É recomendável, também, que o repolho seja lavado ainda no campo, com água limpa e corrente. Esse procedimento é essencial para retirar o calor de campo, que acelera os processos de senescência (deterioração) do produto.

As operações realizadas no transporte do campo para a área de processamento são responsáveis por grande parte das injúrias mecânicas que depreciam a qualidade da matéria-prima e resultam em maior perda e menor eficiência no processamento. O transporte deve ser feito o mais rápido possível e de forma cuidadosa, em caixas apropriadas, e, preferencialmente, em caminhões refrigerados ou, em último caso, cobertos com lonas térmicas.

## **2.3 Recepção da matéria-prima**

A recepção da matéria-prima deve ser em local apropriado, coberto e com plataforma de alvenaria para o descarregamento das caixas. As etapas de pesagem para controle de produção e de qualidade são realizadas durante a recepção, logo em seguida ao descarregamento das caixas.

## **2.4 Seleção, padronização e lavagem**

Seleção é a etapa de eliminação dos materiais impróprios para o consumo humano e das partes do repolho não processáveis, como, por exemplo, folhas velhas, nervuras centrais e raízes. A padronização consiste na separação da matéria-prima de acordo com as características de forma, tamanho e peso, para facilitar o manuseio durante o processamento. Recomenda-se que a seleção e a padronização sejam realizadas em mesas de aço inoxidável, limpas e sanitizadas com cloro (200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo).

A matéria-prima selecionada e classificada deverá ser lavada com água limpa e de boa qualidade (Portaria do Ministério da Saúde MS Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000), retirando as impurezas como eventuais insetos e outros

organismos que estejam aderidos ao produto (Portaria do Ministério da Saúde SVS/MS Nº 326, de 30 de julho de 1997). A lavagem deve ser em tanques de aço inoxidável com água corrente, com posterior imersão em água com detergente próprio para alimentos. A quantidade de detergente a ser usada varia de acordo com a marca ou com o fabricante do produto; torna-se necessário consultar o fornecedor ou, preferencialmente, um técnico, para estabelecer qual a dose recomendada.

Essa etapa tem como finalidade preparar toda a matéria-prima para o resfriamento rápido e, conseqüentemente, para o processamento propriamente dito, de tal maneira que todo produto impróprio seja descartado.

## 2.5 Resfriamento rápido

A colheita resulta numa reação fisiológica do vegetal, que se caracteriza pela aceleração do seu metabolismo (Figura 2). O rápido aumento da taxa respiratória e da produção de etileno na primeira hora após a colheita representa o esforço dos organismos vivos em manter o equilíbrio desestabilizado pela colheita (ROLLE e CHISM, 1987; WATADA *et al.*, 1990) e gerar compostos específicos para a cicatrização das áreas danificadas nesse processo (KAYS, 1991). A figura 2 mostra que a produção de etileno apresenta evolução clássica para órgãos vegetais destacados, ou seja, um pico de produção inicial em resposta à colheita e outro, algumas horas após o primeiro, possivelmente em função do próprio etileno liberado (ABELES *et al.*, 1992).

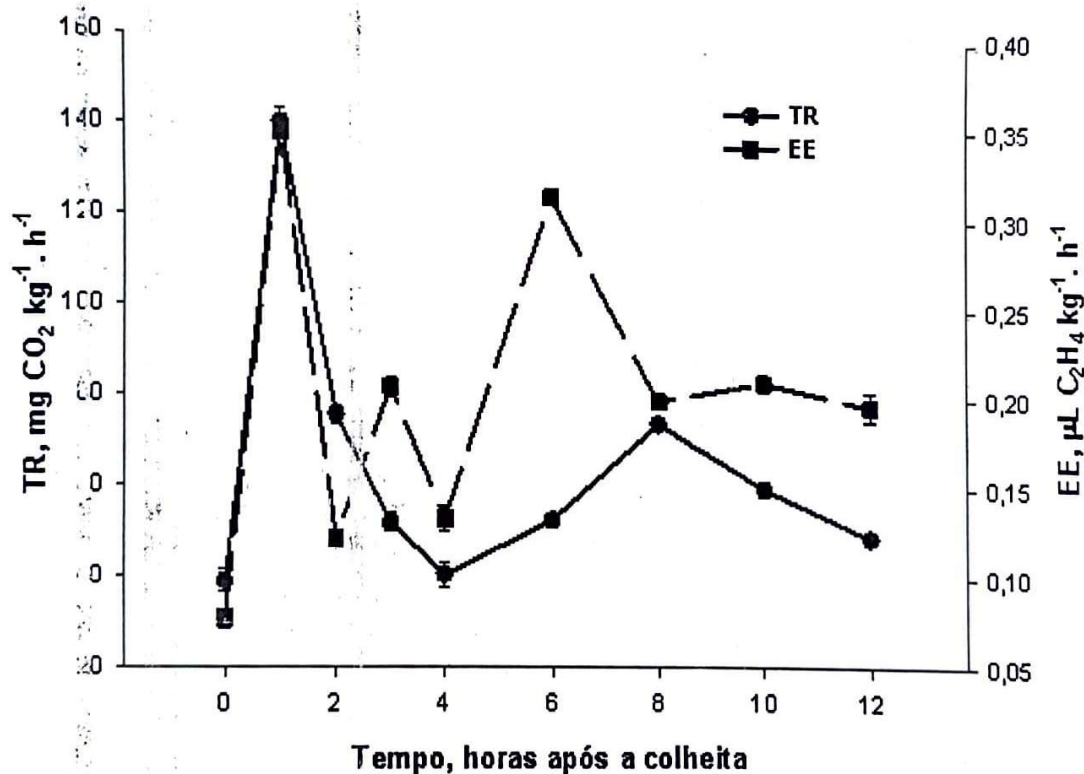


Figura 2. Taxa respiratória (TR) e evolução de etileno (EE) em repolho recém-colhido e mantido a 25°C, em sistema fechado. (SILVA, 2000.)

Com base nesses resultados, recomendava-se que o processamento mínimo iniciasse após o abaixamento e a estabilização da taxa respiratória, o que acontecia por volta de quatro horas após a colheita do repolho (Figura 2). No entanto, verificou-se que essa taxa respiratória, em torno de  $40 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , era ainda muito elevada para o início do processamento mínimo, uma vez que o estresse do corte (como será visto mais adiante) aumentava ainda mais a taxa respiratória e a produção de etileno (Figura 8), acelerando assim o processo de senescência (SILVA, 2000).

A solução encontrada foi o resfriamento rápido da matéria-prima em câmaras frias a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , por 24 horas. Nessas condições verificou-se redução significativa na taxa respiratória do repolho (Figuras 3 e 4).

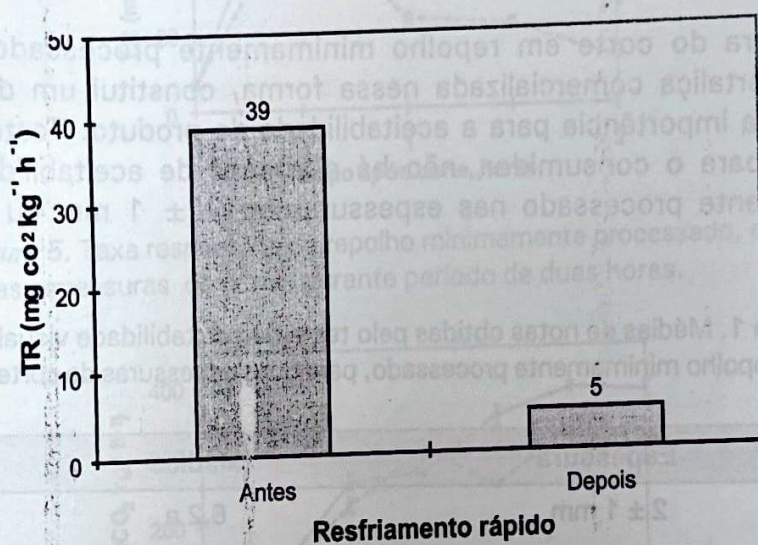


Figura 3. Taxa Respiratória (TR) em repolho intacto, com e sem resfriamento rápido, em câmara fria a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , por 24 horas.

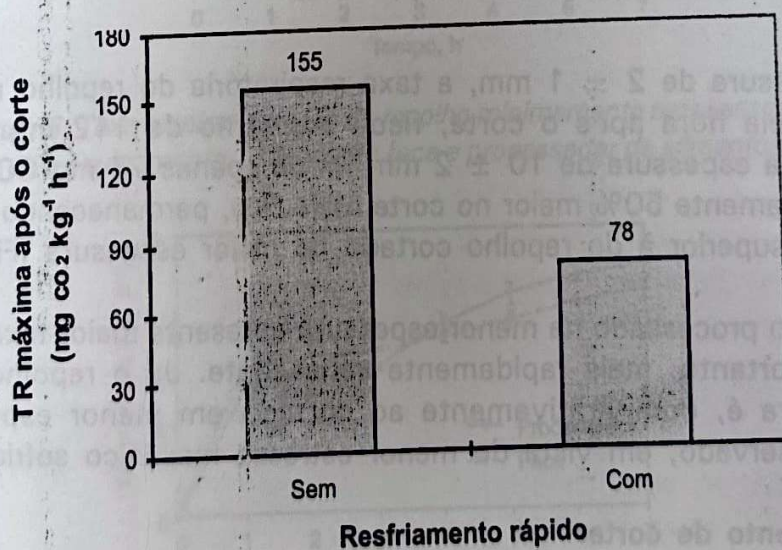


Figura 4. Taxa Respiratória (TR) máxima, medida logo após o corte, em repolho minimamente processado, com e sem resfriamento rápido, em câmara fria a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , por 24 horas.

Recomenda-se, então, que, após a colheita, o repolho seja acondicionado em caixa de plástico e transportado para a unidade de refrigeração da unidade de processamento, onde será resfriado na temperatura de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa alta por um período de 24 horas.

## 2.6 Corte

A operação de corte desencadeia reações metabólicas e alterações fisiológicas que poderão comprometer a qualidade e a vida de prateleira do repolho minimamente processado, se cuidados especiais não forem observados.

### 2.6.1 Espessura de corte

A espessura do corte em repolho minimamente processado, como em qualquer outra hortaliça comercializada nessa forma, constitui um dos aspectos visuais de extrema importância para a aceitabilidade do produto. Testes sensoriais mostraram que, para o consumidor, não há diferença de aceitabilidade entre o repolho minimamente processado nas espessuras de  $2 \pm 1$  mm ou de  $10 \pm 2$  mm (Tabela 1).

**Tabela 1.** Médias de notas obtidas pelo teste de aceitabilidade visual para repolho minimamente processado, para duas espessuras de corte

Espessura	Médias
$2 \pm 1$ mm	6,2 a
$10 \pm 2$ mm	5,9 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Na espessura de  $2 \pm 1$  mm, a taxa respiratória do repolho minimamente processado, meia hora após o corte, ficou em torno de  $112 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto que na espessura de  $10 \pm 2$  mm foi de apenas  $75 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , ou seja, aproximadamente 50% maior no corte mais fino, permanecendo, nos tempos subsequentes, superior à do repolho cortado na maior espessura (Figura 5).

O repolho processado na menor espessura apresenta maior taxa respiratória, tornando-se, portanto, mais rapidamente senescente. Já o repolho cortado na maior espessura é, comparativamente ao cortado em menor espessura, mais facilmente conservado, em vista do menor estresse mecânico sofrido.

### 2.6.2 Equipamento de corte

Muitos fatores podem afetar a intensidade de resposta ao processamento mínimo, dentre os quais pode-se destacar o equipamento de corte. Repolho cortado manualmente, com facas bem afiadas, apresentou, três horas após o corte, menor

taxa respiratória (Figura 6) e menor produção de etileno (Figura 7), quando comparado ao corte mecânico em processador próprio para alimento. Isso pode ajudar a estender a vida útil do produto, pela menor aceleração do metabolismo (SILVA, 2000), pois o aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, que é estimulado pelo corte, está inversamente relacionado com a vida útil do produto (WATADA et al., 1990).

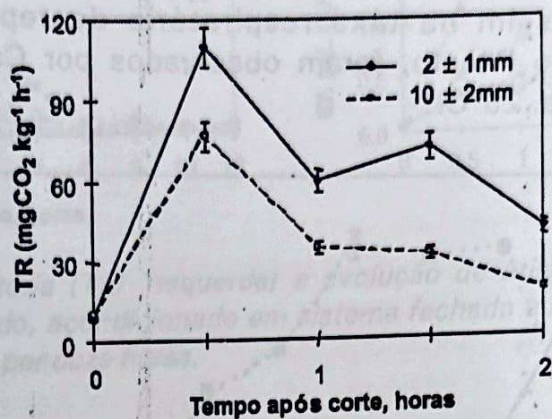


Figura 5. Taxa respiratória de repolho minimamente processado, em duas espessuras de corte, durante período de duas horas.

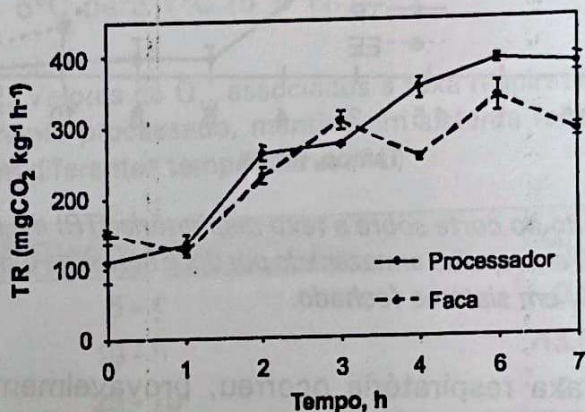


Figura 6. Taxa respiratória (TR) de repolho minimamente processado em dois equipamentos diferentes: faca e processador de alimentos.

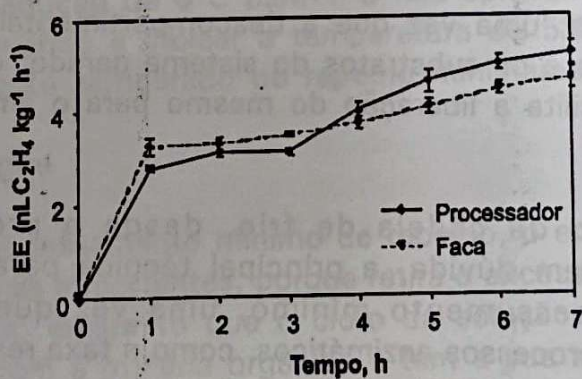


Figura 7. Evolução de etileno (EE) de repolho minimamente processado em dois equipamentos diferentes: faca e processador de alimentos.

### 2.6.3 Uso de temperatura no controle dos efeitos do corte

A taxa respiratória do repolho intacto, inicialmente em torno de  $20 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , aumentou em torno de sete vezes, atingindo valor próximo de  $140 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , num período de meia hora após o corte, bem como a evolução de etileno, atingindo produção máxima de aproximadamente  $2,0 \text{ mL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , permanecendo nesse patamar por aproximadamente duas horas após o corte (Figura 8). Aumentos assim na taxa respiratória de repolho minimamente processado, em relação ao intacto, foram observados por Cantwell (1992), sob condições experimentais a  $25^\circ\text{C}$ .

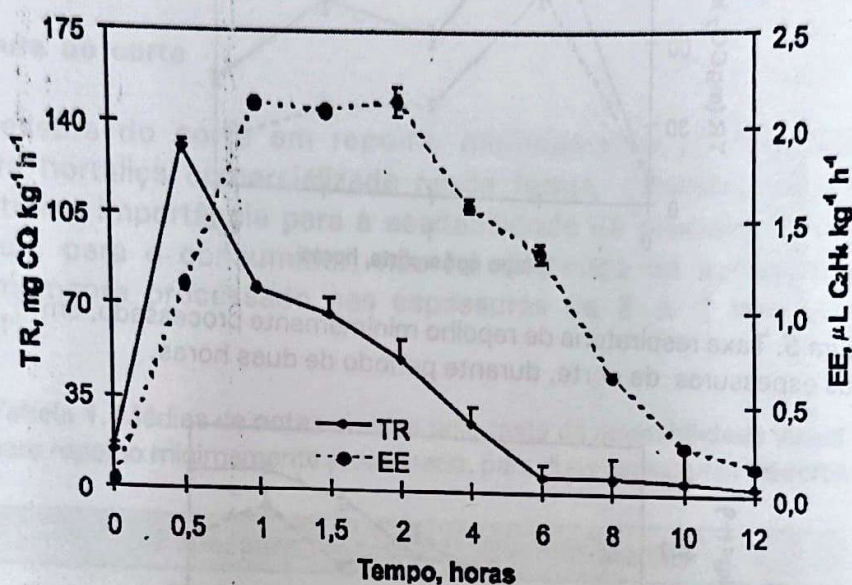


Figura 8. Efeito do corte sobre a taxa respiratória (TR) e a evolução de etileno (EE) em repolho armazenado por doze horas, na temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , em sistema fechado.

O aumento na taxa respiratória ocorreu, provavelmente, pelo rompimento físico das células que margeiam o corte e/ou pela desestruturação dos sistemas de membranas celulares (MAZLIAK, 1983), causada pela degradação enzimática dos componentes da membrana (GALLIARD *et al.*, 1976). O aumento na evolução de etileno ocorreu, provavelmente, depois do processo de desestruturação do sistema de membranas, uma vez que a descompartimentalização celular coloca em contato as enzimas e os substratos do sistema gerador de etileno (MAZLIAK, 1983) e, também, facilita a liberação do mesmo para o ambiente (YU e YANG, 1980).

A manutenção da cadeia de frio, desde o processamento até a comercialização, é, sem dúvida, a principal técnica para retardar os efeitos indesejáveis do processamento mínimo, uma vez que o abaixamento da temperatura reduz os processos enzimáticos, como a taxa respiratória e a evolução de etileno (WILLS *et al.*, 1998) e, conseqüentemente, retarda o processo de senescência, ampliando a vida útil do repolho minimamente processado (Figura 9). Tanto em repolho como em alface minimamente processados, Cantwell (1992)

e Watada *et al.* (1996) observaram que o abaixamento da temperatura foi eficiente na redução do metabolismo desses produtos.

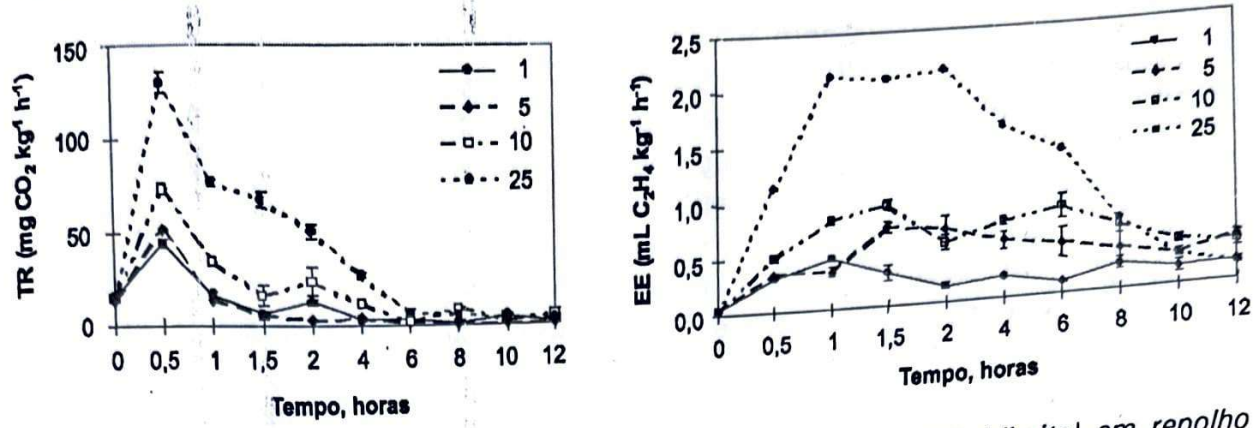


Figura 9. Taxa respiratória (TR) (esquerda) e evolução de etileno (EE) (direita) em repolho minimamente processado, acondicionado em sistema fechado e mantido nas temperaturas de 1°C, 5°C, 10°C e 25°C, por doze horas.

Os valores de  $Q_{10}$  no pico respiratório após o corte do repolho, apresentados na tabela 2, representam a variação na taxa respiratória quando a temperatura de armazenamento é abaixada de 25°C para 10°C (25 - 10), de 10°C para 5°C (10 - 5) e, finalmente, de 5°C para 1°C (5 - 1).

Tabela 2. Valores de  $Q_{10}$  associados à taxa respiratória de repolho minimamente processado, mantido em sistema fechado por doze horas, em diferentes temperaturas (°C)

Diferença de Temperatura	$Q_{10}$
5 - 1	0,5
10 - 5	13,0
25 - 10	2,2

O abaixamento da temperatura de 25°C para 10°C reduziu a taxa respiratória aproximadamente pela metade, enquanto que de 10°C para 5°C reduziu em torno de treze vezes. A redução de 5°C para 1°C não apresentou efeito expressivo na taxa respiratória, levando a indicar a temperatura de 5°C como sendo a melhor para o armazenamento refrigerado do repolho minimamente processado.

### 2.7 Primeiro enxágüe

Durante o processamento mínimo de repolho, o enxágüe logo após o corte é uma das etapas mais importantes, porque retira o excesso de exsudados celulares resultantes do corte, enquanto que o cloro da solução sanitizante, na etapa de sanitização, reage com a matéria orgânica e tem a sua atividade biocida reduzida (SIMONS e SANGUANSRI, 1997). Portanto, é recomendável que, após o corte, o produto seja enxaguado em água fria e circulante, para a retirada do suco celular resultante do corte.

## 2.8 Sanitização e segundo enxágüe

Redução significativa na população microbiana do repolho minimamente processado pode ocorrer com a sanitização, usando-se substâncias químicas antimicrobianas. O cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais usado em alimentos, por ser um germicida de amplo espectro de ação. A sanitização com cloro, no entanto, resulta na produção de subprodutos nocivos, como cloraminas e trialomitanos, razão pela qual outros sanitizantes alternativos, como o ácido acético, têm sido avaliados.

Para repolho minimamente processado, geralmente usam-se soluções contendo  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre ou 1% de ácido acético (FANTUZZI, 1999). No entanto, o uso de diferentes sanitizantes (Figura 10) reduziu a população microbiana de repolho minimamente processado por, no máximo, dois ciclos logarítmicos (FANTUZZI, 1999), o mesmo sendo observado para couve minimamente processada (BITTENCOURT, 2000).

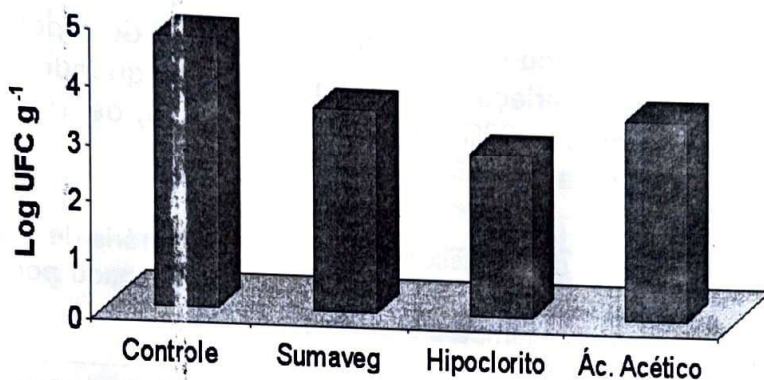


Figura 10. Logaritmo do número de unidades formadoras de colônias de bactérias aeróbias mesófilas por grama ( $\text{UFC g}^{-1}$ ) de repolho minimamente processado, submetido a diferentes sanitizantes, à temperatura ambiente, por dez minutos. (FANTUZZI, 1999)

Recomenda-se, então, que, após o corte, o produto seja lavado, para a retirada dos exsudados celulares resultantes do corte (primeiro enxágüe). Em seguida, o produto deve ser sanitizado por imersão em água gelada ( $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ) e clorada ( $200 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre), por um período de dez minutos, e, posteriormente, imerso novamente em água gelada e clorada ( $3 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre) por mais cinco minutos (segundo enxágüe), para a retirada do excesso de cloro.

O uso de soluções sanitizantes em baixas temperaturas ( $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ) é essencial para reduzir o metabolismo do produto minimamente processado, como preconizado por Watada *et al.* (1996) e confirmado por Carnellosi (2000), em couve minimamente processada.

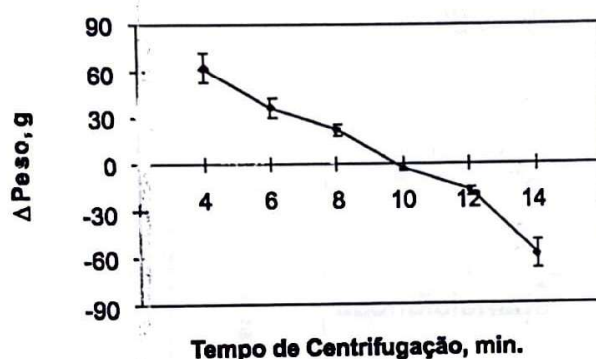
## 2.9 Centrifugação

Durante o processamento mínimo de repolho, a centrifugação é uma das etapas mais importantes, porque retira o excesso de água proveniente das etapas

de sanitização e enxágüe e os exsudados celulares resultantes do corte, que são um excelente meio para o crescimento de microorganismos. Podem ser usados os mais diferentes tipos de centrífuga disponíveis no mercado para processamento de vegetais.

O tempo de centrifugação mais adequado deve ser determinado para cada sistema operacional, pois depende do produto, da centrífuga (raio e velocidade angular da centrífuga) e da quantidade de produto a ser centrifugada em cada operação. Para uma mesma centrífuga, mantém-se constante o peso de repolho minimamente processado a ser centrifugado e testam-se diferentes tempos, de tal maneira que no final da operação o peso de produto centrifugado seja igual ao peso antes do primeiro enxágüe.

Considerando-se os diferentes tempos de centrifugação de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 minutos para centrifugar 1.500 g de repolho minimamente processado, em uma centrífuga doméstica com velocidade angular média de 2.200 rpm (equivalente a 800 g), observou-se que o tempo de dez minutos foi suficiente para retirar todo o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe (Figura 11), ou seja, a massa fresca do produto, logo após a centrifugação por dez minutos, foi aproximadamente a mesma obtida após o corte.

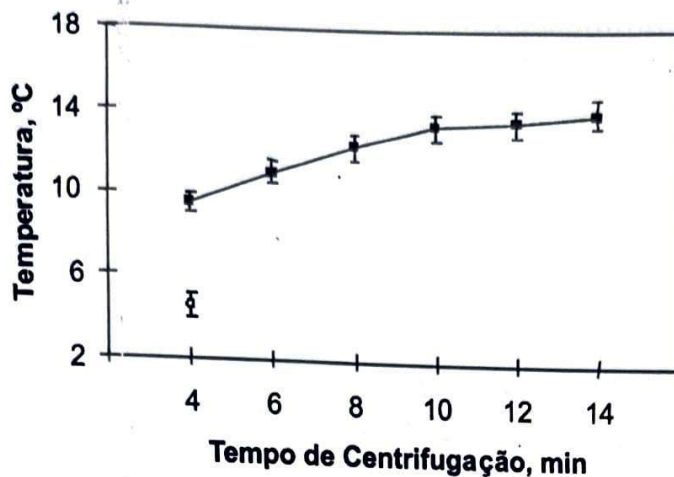


**Figura 11.** Variação de massa fresca ( $\Delta$  peso, g) de repolho minimamente processado, centrifugado em diferentes tempos. ( $\Delta$  peso = MF do produto centrifugado - MF do produto após o corte).

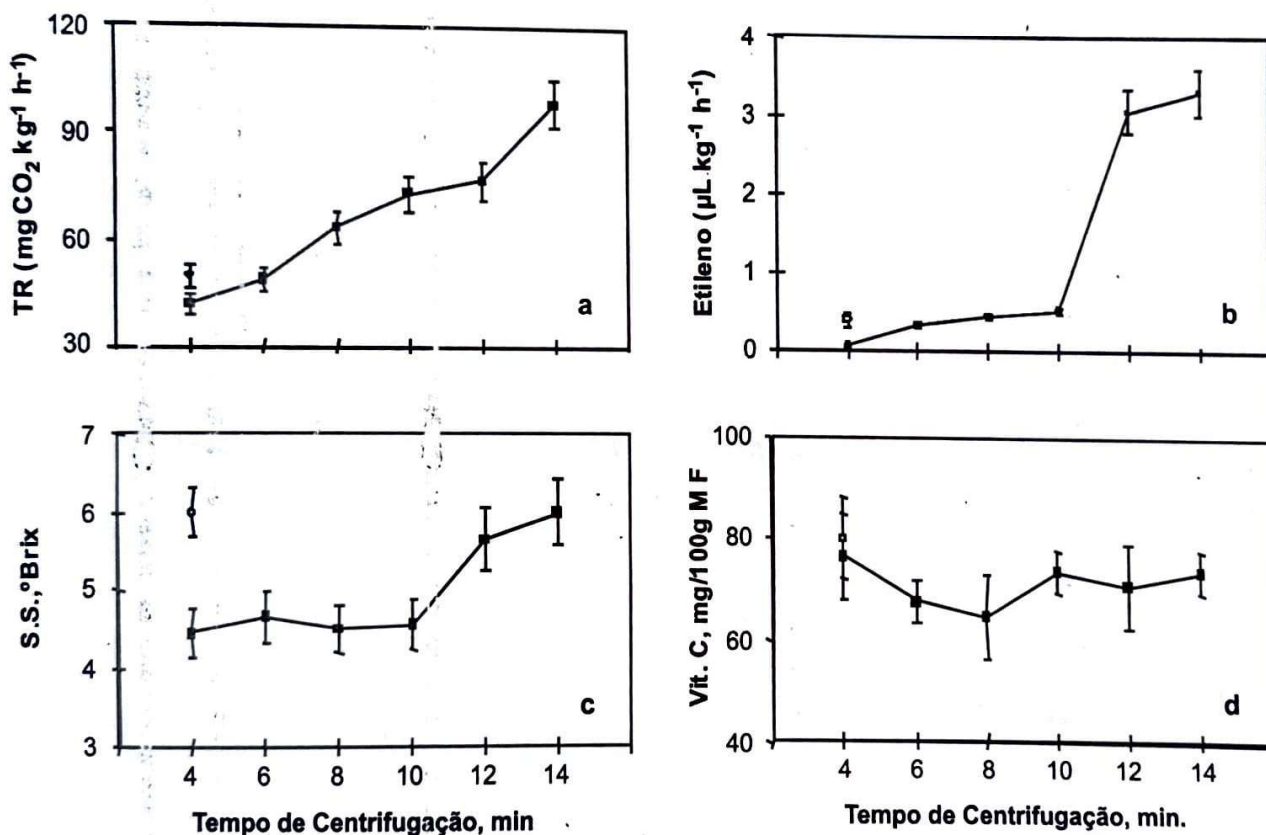
A temperatura do produto aumentou de forma lenta até dez minutos de centrifugação, passando de 9°C para aproximadamente 13°C, variando muito pouco com os tempos de centrifugação subsequentes (Figura 12). Esse aquecimento ocorreu possivelmente devido ao efeito do atrito entre o produto minimamente processado e o ar dentro da centrífuga, ou mesmo pelo aquecimento da centrífuga.

Analisando os efeitos dos tempos de centrifugação no comportamento de alguns parâmetros bioquímicos, observou-se que o incremento da TR (Figura 13a) seguiu um padrão aproximadamente "sigmoidal" até doze minutos de centrifugação, apresentando a seguir (catorze minutos de centrifugação) um crescimento ainda maior, o que pode ter ocorrido em resposta ao maior

dessecação do produto (Figura 11) e ao aumento na EE, a partir de dez minutos de centrifugação (Figura 13b). O mesmo aconteceu com o teor de sólidos-solúveis (Figura 13c). Quanto ao teor de vitamina C, houve pequena redução nos primeiros tempos de centrifugação (4, 6 e 8 minutos), com poucas alterações até o final do experimento (Figura 13d).



**Figura 12.** Variação da temperatura (°C) de repolho minimamente processado durante centrifugações por diferentes tempos ( $\bar{x}$  - valor médio antes da centrifugação).



**Figura 13.** Taxa respiratória (a), produção de etileno (b), °brix (c) e vitamina C (d) em repolho minimamente processado e centrifugado em diferentes tempos ( $\bar{x}$  - valor médio antes da centrifugação).

Pela análise dos dados, pode-se sugerir que o tempo de centrifugação de dez minutos foi o mais adequado ao processamento mínimo de repolho, sendo suficiente para retirar todo o excesso de água e exsudados celulares provenientes das etapas de corte, sanitização e enxágüe (Figura 11). Nesse tempo, porém, aumentou a temperatura do produto em aproximadamente 4°C (Figura 12).

## 2.10 Embalagem

O uso de filmes de plástico que permitam trocas gasosas é de vital importância para a manutenção da qualidade do repolho minimamente processado, ainda que sob baixas temperaturas.

Silva (2000), trabalhando com diferentes quantidades de repolho minimamente processado (50 g, 100 g, 200 g e 300 g), acondicionadas em embalagens PD 961 EZ, de modo a manter constantes as relações entre o volume interno vazio (VIV) e a quantidade de produto (Q), entre o VIV e a área superficial externa (A), como também entre A e Q, verificou que as taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> necessárias para acondicionar um grama de repolho minimamente processado, sob a temperatura de 5°C, são, respectivamente, de 1,5 cm<sup>3</sup> a 2,0 cm<sup>3</sup> de O<sub>2</sub> d a<sup>-1</sup> e de 4,0 cm<sup>3</sup> a 5,5 cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Tem-se então, na prática, duas possibilidades de ajustar uma embalagem para acondicionar o repolho minimamente processado. A primeira possibilidade é quando se tem uma embalagem com permeabilidade conhecida e, portanto, torna-se fácil calcular qual a quantidade de repolho a ser acondicionada. A segunda possibilidade é quando se tem a quantidade de repolho que deve ser acondicionada. Nesse caso, torna-se necessário escolher uma embalagem que tenha as taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> requeridas para essa quantidade de repolho minimamente processada ser acondicionada.

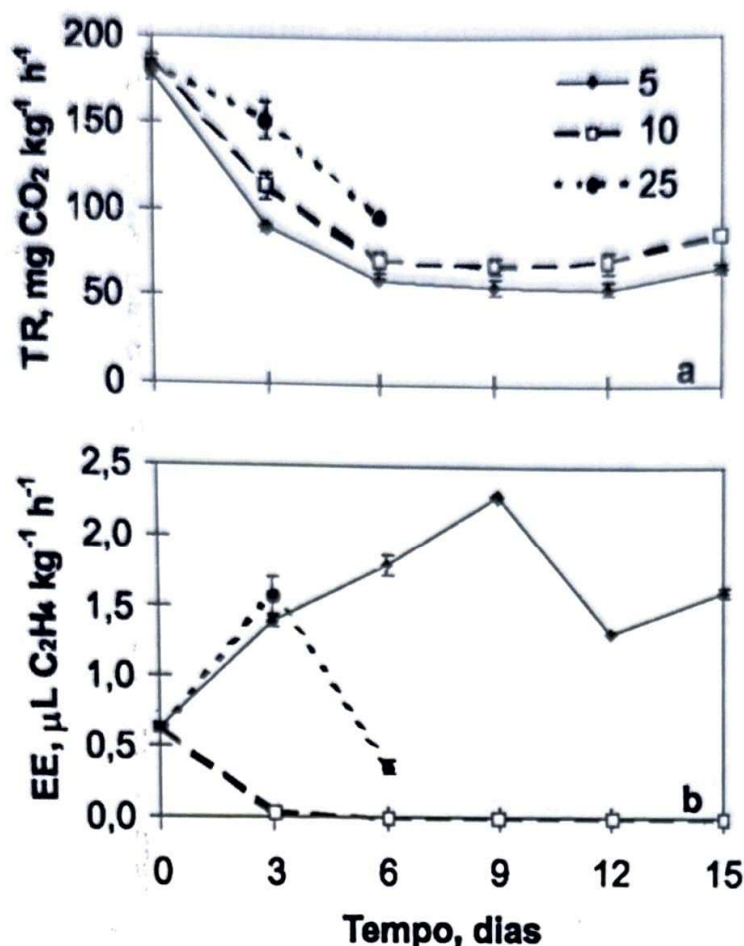
## 2.11 Armazenamento e distribuição

O armazenamento, a distribuição e a comercialização do produto final devem ser feitos em estruturas refrigeradas com temperatura em torno de 5°C e umidade relativa superior a 90% (SILVA, 2000).

Sob refrigeração, a taxa respiratória do repolho minimamente processado abaixou até o sexto dia de armazenamento (Figura 14a) (SILVA, 2000), permanecendo com qualidade aceitável por quinze dias, exceto para a temperatura de 20°C. O abaixamento da temperatura, de 10°C para 5°C, fez reduzir significativamente a taxa respiratória (Figura 14a), apresentando um Q<sub>10</sub> de 1,56 em todo o período. Ou seja, embora as taxas respiratórias, sob as duas temperaturas, pareçam muito próximas, a 10°C ocorreu um aumento de 56% na taxa respiratória do repolho minimamente processado.

À temperatura de 5°C, a evolução de etileno aumentou até o nono dia de armazenamento. A 10°C, houve redução na produção de etileno. E a 25°C, ocorreu

aumento na EE até o terceiro dia de armazenamento (Figura 14b). O aumento na evolução de etileno até o nono dia, a 5°C, pode ser uma resposta ao estresse causado pela baixa temperatura (COUEY, 1982; MARKHART III, 1986; WISE e NAYLOR, 1987; LYONS, 1973). Tais mudanças aumentam a permeabilidade das membranas e, também, a capacidade do tecido sintetizar etileno (ROLLE e CHISM, 1987). No entanto, sob baixas temperaturas, o incremento na evolução de etileno (Figura 14b) não induziu aumento da taxa respiratória (Figura 14a).



**Figura 14.** Taxa respiratória (TR) (a) e evolução de etileno (EE) (b) em repolho minimamente processado, mantido em sistema aberto por quinze dias, sob diferentes temperaturas.

(Cantwell (1992), trabalhando com repolho minimamente processado, também observou que a taxa respiratória aumentou com o incremento da temperatura de 5°C para 10°C, apresentando um  $Q_{10}$  de aproximadamente 8,34, possivelmente acelerando o processo catabólico e, conseqüentemente, reduzindo a vida pós-colheita. Esse comportamento da taxa respiratória em função da temperatura é clássico para órgãos vegetais destacados e posteriormente armazenados sob temperaturas crescentes, como foi demonstrado por Watada *et al.* (1996). O aumento na taxa respiratória pode levar ainda à perda de qualidade nutricional, o que pode ser verificado pelo conteúdo de vitamina C de vários vegetais armazenados em diferentes temperaturas (FAVELL, 1998).

### 3. Referências bibliográficas

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JUNIOR, M. E. Ethylene in plant biology. California: Academic Press, 1992. 414 p.

BITTENCOURT, M. T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2<sup>nd</sup> ed. University of California, Davis: Division of Horticultural and Natural Resources, Publ. 1992. p. 273-281.

CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 79 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, out. 2000.

COUEY, H. M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. **HortScience**, v. 17, p. 162-165, 1982.

FANTUZZI, E. **Atividade microbiana em repolho (*Brassica oleracea*, L. var. *capitata*) minimamente processado**. 2000. 50 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v. 62, p. 59-64, 1998.

GALLIARD, T.; MATTHEWS, J. A.; FISHWICK, M. J.; WRIGHT, A. J. The enzymic degradation of lipids resulting from physical disruption of cucumber fruit. **Phytochemistry**, v. 15, p. 1731-1734, 1976.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LANA, M. M.; SANTOS, F. F.; LUENGO, R. F. A.; TAVARES, S. A.; MELO, M. F.; MATOS, M. J. L. F. **Repolho: como comprar, conservar e consumir**. 2001. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas\\_ao\\_consumidor/repolho.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/repolho.htm)>. Acesso em: 25 set. 2003.

LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 445-461, 1973.

MARKHART III, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. **HortScience**, v. 21, p. 1329-1333, 1986.

MAZLIAK, P. Plant membrane lipids: changes and alterations during ageing and senescence. In: LIEBERMANN, M. (Ed.). **Postharvest Physiology and Crop Preservation**. New York: Plenum Press, p. 1213-140, 1983.

ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 43, p. 274-276, 1987.

SILVA, E. O. **Fisiologia pós colheita de repolho (*Brassica oleracea*, L. var. *capitata*) minimamente processado**. 2000. 85 f. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, out. 2000.

SIMON, L. K.; SANGUANISRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australian**, v. 49, p. 75-80, 1997.

WATAI, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122, 1990.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-126, 1996.

WILLS, R. H.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest - an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. New York: CABI International, 1998. 262 p.

WISE, R.; NAYLOR, A. W. Chilling enhanced photooxidation - the peroxidase destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultra structure. **Plant Physiology**, v. 83, p. 272-277, 1987.

YU, Y.E.; YANG, S. F. Biosynthesis of wound ethylene. **Plant Physiology**, v. 66, p. 281-285, 1980.