

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312028897>

Processamento mínimo de espinafre Nova Zelândia

Article · January 2017

CITATIONS

3

READS

177

5 authors, including:



Carlos Dornelles Ferreira Soares

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

7 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Paula Porrelli Moreira da Silva

University of São Paulo

50 PUBLICATIONS 227 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Cleucione Pessoa

University of São Paulo

9 PUBLICATIONS 20 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Marta Spoto

University of São Paulo

175 PUBLICATIONS 1,291 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Extraction of active compounds of acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC.) and its application in emulsified lipid systems [View project](#)



Producción artesanal de hortalizas de IV y V gama: inocuidad y valor funcional [View project](#)

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ESPINAFRE NOVA ZELÂNDIA

Carlos Dornelles Ferreira Soares¹, Paula Porrelli Moreira da Silva², Cleucione de Oliveira Pessoa¹, Marta Helena Fillet Spoto², Ricardo Alfredo Kluge¹

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, Brasil. CEP 13418-900. E-mail: dornelles.soares@hotmail.com; cleupessoa@yahoo.com.br, raluge@usp.br. ²Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Avenida Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, Brasil. CEP 13418-900. E-mail: paulaporrelli@gmail.com; martaspoto@usp.br.

Palavras-chave: ácido cítrico, cloreto de cálcio, conservação, refrigeração, *Tetragonia expansa*, vida-útil.

RESUMO

O espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa* Murr.) é uma hortaliça adaptada a climas tropicais, e possui alto valor dietético e nutritivo. Devido às exigências do consumidor por produtos saudáveis e prontos para o consumo, esse espinafre é indicado para o mercado de produtos minimamente processados. O objetivo deste trabalho foi desenvolver a técnica do processamento mínimo de espinafre cv Nova Zelândia, e avaliar a qualidade físico-química e fisiológica do produto tratado com soluções de ácido cítrico, cloreto de cálcio e combinações. Folhas inteiras de espinafre, após sanificadas, foram submetidas aos tratamentos (imersão por 5 minutos): 0,01% ácido cítrico, 0,02% ácido cítrico, 1% cloreto de cálcio, 0,01% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio e 0,02% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio e controle (sem tratamento). As folhas foram centrifugadas durante 1,5 minuto e acondicionadas em bolsas de polietileno de baixa densidade. Foram armazenadas a 5°C e 90% UR durante 15 dias, e as avaliações realizadas nos dias 1, 6, 9, 13 e 16 após o processamento. Determinou-se a concentração de gases no interior das embalagens (%O₂, %CO₂), cor (Luminosidade, °Hue, Cromaticidade), ácido ascórbico, clorofila total e compostos fenólicos totais. Os dados foram submetidos ao Teste de Tukey (p<0,05), com quatro repetições por tratamento. Houve diferença significativa na interação somente nas variáveis clorofila total e %O₂, %CO₂. As amostras tratadas com 1% de cloreto de cálcio apresentaram menores taxas de CO₂ e maiores de O₂ no interior das embalagens. Amostras imersas em 0,02% de ácido cítrico apresentaram maiores valores de compostos fenólicos durante o armazenamento. Os parâmetros de cor indicaram tonalidade verde escura nas folhas durante o armazenamento. Concluiu-se que o processamento mínimo do espinafre Nova Zelândia é viável tendo o produto higienizado vida útil de 12 dias a 5°C.

MINIMAL PROCESSING OF NEW ZEALAND SPINACH

Keywords: citric acid, calcium chloride, conservation, refrigeration, shelf life, *Tetragonia expansa*.

ABSTRACT

The New Zealand spinach (*Tetragonia expansa* Murr.) is a vegetable adapted to tropical climates, and has a high nutritional value. Due to the consumer demands for ready-to-eat and healthy products, this spinach shows potential for the market of fresh cut products. This study aims to evaluate the physicochemical and physiological quality of the fresh cut New Zealand spinach, treated with doses of citric acid, calcium chloride and combinations. Whole Leaves were removed from the stem, selected and sanitized with sodium hypochloride solution at solution of sodium hypochlorite (200 mg L⁻¹) for 15 minutes. It were then subjected to the following treatments: control, 0.01% citric acid, 0.02% citric acid, 1% calcium chloride, 0.01% citric acid + 1% calcium chloride and 0.02% citric acid + 1% calcium chloride. The leaves were immersed for 5 minutes in each solution, being centrifuged for 1.5 minutes and then packed in bag of low-density polyethylene (10 µm thick). The storage occurred in 5°C and 90% RH for 15 days, and the evaluations carried out every three days. It was determined that the concentration of the gases inside the package (O₂%, CO₂%), color (light, °Hue, Chromaticity), ascorbic acid, total chlorophyll content and total phenolic compounds. Among the analyzes, there were no significant differences between the treatments, but only for total chlorophyll content and concentration of gases, which varied during storage. It was concluded that the fresh cut New Zealand spinach had shelf life of 12 days at 5°C.

INTRODUÇÃO

O espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa* Murr.) é uma hortaliça da família Aizoaceae, e é adaptado a climas tropicais, sendo a única espécie cultivada no Brasil. A espécie *Spinacea oleracea* L., pertencente à família Chenopodiaceae, é cultivada apenas em regiões de clima temperado (Kawashima e Soares, 2005). O cultivar Nova Zelândia possui alto valor dietético e nutritivo, baixo valor calórico e é importante fonte de fibras, vitaminas dos complexos B, A e C e de minerais como cálcio, potássio e, principalmente, ferro. Também possui flavonoides e polifenóis, estando entre os vegetais que apresentam maior capacidade antioxidante (Jaworska, 2005; Anwar, 2008; Ligor et al., 2012; Custi et al., 2010).

Devido ao seu valor nutricional e às exigências do consumidor por produtos saudáveis e prontos para o consumo, o espinafre cv. Nova Zelândia apresenta potencial para o mercado de produtos minimamente processados. Tais produtos são hortaliças alteradas de sua forma física original, sendo higienizadas, cortadas e embaladas, tornando-as convenientes ao preparo e ao consumo, permanecendo no estado fresco com qualidade e garantia de sanidade (IFPA, 2005).

As etapas do processamento mínimo tornam os vegetais mais perecíveis, pois passam por mudanças fisiológicas causadas pela maior exposição ao oxigênio na área de corte (Moretti, 2007; Cenci, 2011). Entre esses efeitos destacam-se o aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, degradação de membranas, perda de massa fresca, perda de clorofila, formação de pigmentos escuros, formação de compostos voláteis indesejáveis e maior susceptibilidade ao ataque microbiológico (Toivonen e De-Ell, 2002).

A maioria dos estudos relacionados à qualidade do espinafre minimamente processado foi realizada com a espécie *S.*

oleracea (Pandurangi e Laborde, 2004; Artes-Hernandez et al., 2009; Bottino et al., 2009; Fan e Sokorai, 2011; Kaur et al., 2011; Lunadei et al., 2012), sendo necessárias pesquisas com a espécie *T. expansa*, pois existem diferenças no crescimento e biologia dessas espécies, e ambas são consumidas como saladas, sopas, cozida ou *in natura* (Jaworska e Kmiecik, 2000).

Diante da alta demanda pelos produtos minimamente processados e de sua alta perecibilidade, técnicas associadas à refrigeração vêm sendo estudadas para a conservação e manutenção da qualidade desses produtos, como a atmosfera modificada ou controlada, uso de recobrimentos comestíveis, antioxidantes e sais minerais (Kluge et al., 2014; Hernández et al., 2014). Dentre essas técnicas, a mais utilizada é a imersão em soluções químicas, das quais se destacam as soluções aquosas de ácidos orgânicos, sais de cálcio, sódio e magnésio ou combinações desses. A combinação de ácidos orgânicos e sais de cálcio são eficientes na manutenção do frescor e da qualidade sensorial, bem como na diminuição de perdas na textura, coloração e sabor dos vegetais minimamente processados (Martín et al., 2007; Méndez, 2008).

A utilização de sais de cálcio, como o cloreto de cálcio, proporciona melhor conservação na firmeza e coloração de produtos minimamente processados, também funciona como regulador da senescência e da taxa respiratória, estendendo a sua vida útil (Guzek et al., 2012; Conway et al., 1995).

Entre as soluções com antioxidantes, o ácido cítrico se destaca como um dos mais utilizados. Atua como incremento dos ácidos eritórico, ascórbico e seus sais neutros. É relatado como o melhor agente com efeito quelante utilizado em hortaliças, possuindo ação inibitória dupla sobre as enzimas de escurecimento dos tecidos vegetais, evitando a perda de pigmentos e aumentando a vida útil (Manolopoulou e Varzakas, 2011).

Os efeitos benéficos do ácido cítrico e cloreto de cálcio foram observados em brócolis minimamente processado (MP) na qualidade geral e coloração (Guzek et al., 2012); diminuição da taxa respiratória e manutenção do ácido ascórbico durante a armazenagem em pimentões amarelos MP (Kluge et al., 2014); manutenção da qualidade sensorial em couve chinesa MP (Evangalista et al., 2009); diminuição no escurecimento enzimático em repolho MP (Salata et al., 2014; Manolopoulou e Varzakas, 2011) e diminuição da respiração em aipo, brócolis, couve-flor, cenoura e chuchu MP (Hernández et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver a técnica do processamento mínimo do espinafre Nova Zelândia, e avaliar a qualidade físico-química e fisiológica do produto tratado com doses de ácido cítrico, cloreto de cálcio e combinações.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o espinafre Nova Zelândia (*T. expansa* Murr.) produzido em cultivo convencional, em Piracicaba (22° 43' 30" S, 47° 38' 56" O, SP, Brasil), e colhido após 65 dias do plantio. Folhas inteiras de espinafre foram retiradas da haste principal e selecionadas de acordo com o tamanho, boa aparência, ausência de danos mecânicos ou causados por pragas e doenças. Após, as folhas foram lavadas em água potável para a retirada de sujidades mais grosseiras e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg L⁻¹ durante 10 minutos.

Em seguida, as folhas de espinafre foram imersas por cinco minutos em seis soluções (tratamentos): controle (apenas sanitizadas); 0,01% ácido cítrico; 0,02% ácido cítrico; 1% cloreto de cálcio; 0,01% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio; 0,02% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio. Retiraram-se as folhas após o período e foram centrifugadas durante 90 segundos em centrífuga de roupa doméstica (Arno, São Paulo, SP, Brasil) com velocidade angular média de 2400 rpm. Acondicionaram-

se 150 g de espinafre minimamente processado em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 60 µm e termo-seladas em equipamento Mack Solda (Bauru, SP, Brasil). As amostras foram armazenadas a 5°C e umidade relativa (UR) de 90% durante 16 dias. As análises ocorreram aos 1, 5, 8, 12 e 15 dias após o processamento.

O delineamento experimental foi em fatorial 6x5 (6 tratamentos x 5 períodos de análise); para as análises físico-químicas foram utilizadas quatro repetições em cada período e para a avaliação da taxa respiratória foram utilizadas cinco repetições de 150 g.

Determinou-se a concentração de gases no interior das embalagens (%O₂, %CO₂), cor (Luminosidade, °Hue, Cromaticidade), ácido ascórbico, clorofila total e compostos fenólicos totais.

A cor foi medida com o equipamento Minolta Chroma Meter CR-400, calibrado com placa branca padrão e iluminante D65. Foram determinados os valores de Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (°h) e cromaticidade (C) (Konica Minolta, 1994), para tanto se utilizou 10 folhas por repetição, com duas leituras cada uma: uma na parte adaxial e outra na parte abaxial, totalizando 20 leituras.

A Clorofila total foi determinada pelo método de Lichtenthaler (1987). Uma porção de 0,25 g de amostra foi adicionada a 10 mL de acetona 80% e centrifugada a 3000 rpm por 20 minutos. Uma porção do sobrenadante foi transferida para uma cubeta de quartzo e submetida à leitura em espectrofotômetro a 663 e 654 nm para as clorofilas a e b, respectivamente. O resultado foi expresso em mg de clorofila por 100 g de amostra (mg 100 g⁻¹).

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Singleton e Rossi (1965), modificado por Nuutila et al. (2003), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida em espectrofotômetro a 735 nm. O

cálculo do teor de fenólicos foi realizado através da elaboração da curva padrão do ácido gálico. Os resultados obtidos foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama da amostra fresca (mg EAG g⁻¹).

Para a avaliação do teor de ácido ascórbico foi tomado 1 g da amostra triturada e filtrada em algodão e colocada em erlenmeyer contendo 50 mL de solução de ácido oxálico. A titulação foi efetuada com o indicador DCFI (2,6-diclorofenol indolfenol-sódio) até atingir a coloração rosada persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra (Carvalho et al., 1990).

O teor de CO₂ e O₂ no interior das embalagens foi realizado por meio da coleta de amostras de 1 mL de gás do interior das embalagens, através de um septo de silicone presente na superfície delas e com o auxílio de uma seringa acoplada a um analisador de gases portátil PBI Dansensor (Minneapolis, MN, USA), os resultados foram expressos em porcentagem de CO₂ e O₂.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pelo programa SAS, versão 9.2 (2010), sendo submetidos à análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). As interações tratamentos *versus* período de armazenamento que não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) no teste de Tukey foram representadas por gráficos de radar, elaborados pelo programa Excel 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística ($p < 0,05$) na interação entre os dias de armazenamento e os tratamentos para os parâmetros de cor Luminosidade (L*), Cromaticidade e ângulo Hue (°h).

No geral, as folhas do espinafre minimamente processado apresentaram L* médio de 43,82, demonstrando a tendência

para cor escura. Embora tenha ocorrido ligeiro aumento do L* no 12º dia de armazenamento em todas as amostras, o controle apresentou luminosidade maior aos cinco e 15 dias de armazenamento e °h menor aos oito dias, indicando que as folhas estavam mais claras e tendendo ao amarelo, enquanto que as amostras tratadas com 0,02% de ácido cítrico se apresentaram mais escuras no primeiro dia de armazenamento (Figura 1A).

Valores superiores de L* (63,6) foram registrados por Manolopoulou e Varzakas (2011) ao estudarem a aplicação de ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio na qualidade do repolho minimamente processado, verificando que entre esses tratamentos, a utilização de ácido cítrico foi a que melhor inibiu o escurecimento, proporcionando a menor perda na luminosidade durante o armazenamento.

Os tratamentos aplicados pouco influenciaram a tonalidade do produto. O °h das folhas do espinafre Nova Zelândia minimamente processado apresentou valores entre 118,00 e 123,15° (Figura 1B) indicando, segundo o diagrama CIELAB, cor verde amarelada. O valor médio de cromaticidade das folhas entre os tratamentos foi de 28,79 (Figura 1C), indicando saturação mediana da tonalidade verde amarelada.

Verificou-se alteração na cor do produto somente após 15 dias de armazenamento, caracterizada pelo escurecimento das folhas, provavelmente devido ao estresse oxidativo, o que deixou o produto com aparência inviável para a comercialização. Bottino et al. (2009), ao estudarem aspectos de qualidade no espinafre (*S. oleracea*) minimamente processado observaram que o produto apresentou alterações na coloração após uma semana de armazenamento a 4°C.

A eficiência da utilização de tratamentos químicos para a conservação da cor pode variar com o tipo de produto utilizado. Martín-Diana et al. (2005) verificaram diferenças significativas na luminosidade da alface

minimamente processada sanitizada com solução clorada e lactato de cálcio, tendo sido observados maiores valores na solução clorada (L=81,6). Por outro lado, os autores não

registraram diferenças entre esses tratamentos para cromaticidade e °h das amostras.

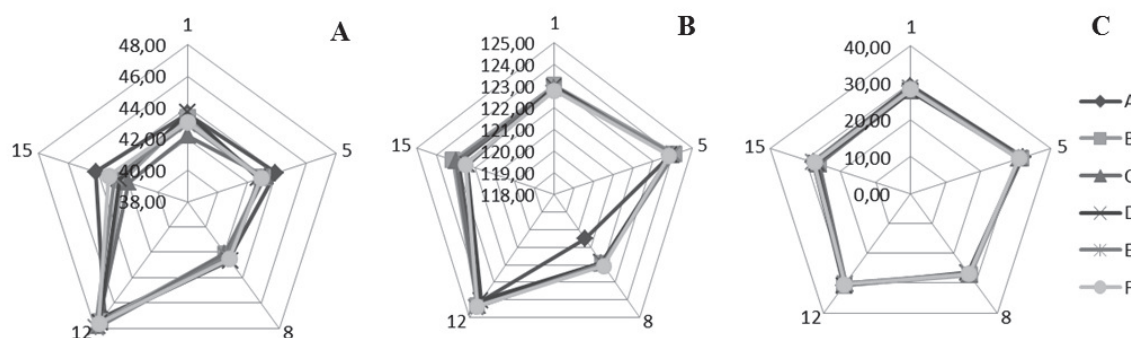


Figura 1. A: Luminosidade (L*); B: Ângulo de cor Hue; C: Cromaticidade do espinafre 'Nova Zelândia' (*T. expansa*) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos químicos nos dias 1, 5, 8, 12 e 15 após o processamento. A: controle (sanitizadas); B: 0,01% ácido cítrico; C: 0,02% ácido cítrico; D: 1% cloreto de cálcio; E: 0,01% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio; F: 0,02% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio. Barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4).

Salata et al. (2014) observaram que a aplicação de cloreto de cálcio em repolho minimamente processado manteve os valores de °h mais altos do que os tratados com ácido ascórbico. No entanto, Manolopoulou e Varzakas (2011) ao estudarem o efeito dos ácidos ascórbico, cítrico e do cloreto de cálcio nessa mesma hortaliça, observaram que a aplicação de ácido cítrico foi melhor que as demais na conservação da cor, mantendo os maiores valores de °h durante o armazenamento por 22 dias.

O teor de clorofila total das hortaliças folhosas é uma característica importante após a colheita, visto que a coloração verde é formada por esses pigmentos, sendo um dos indicativos de qualidade e senescência (Park et al., 1999). Observou-se que para a maioria dos tratamentos em espinafre 'Nova Zelândia' não houve alterações significativas no teor de clorofila total, refletindo também na conservação da cor, indicada pela tonalidade (°h) das amostras.

Os tratamentos em que foram aplicados 0,02% de ácido cítrico e a sua combinação com

1% de cloreto de cálcio obtiveram diferenças significativas ($p < 0,05$) na variável clorofila total, entre os períodos de análise. Entretanto, todos os tratamentos com ácido cítrico apresentaram ligeiro acréscimo nos seus valores (Tabela 1). Para o tratamento 0,02% de ácido cítrico, os menores valores de clorofila total foram registrados no primeiro dia após o processamento. A partir do quinto dia, o valor aumentou em aproximadamente 40% e permaneceu constante até o final do período. No tratamento combinado 0,02% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio os valores permaneceram semelhantes até o 12º dia, apresentando redução de 17% no último dia de análise. Os demais tratamentos apresentaram em média 69,02 mg 100 g⁻¹ de clorofila total.

Reis et al. (2014) ao estudarem a conservação pós-colheita de alface crespa cultivada de forma orgânica e convencional sob atmosfera modificada, observaram perda no teor de clorofila em torno de 12% durante 15 dias de armazenamento a 4°C e 90-95% UR, independente da embalagem e tipo de cultivo.

Morais et al. (2011) verificaram decréscimo de aproximadamente 20% em alface hidropônica armazenada por quatro dias a 7,6°C e 27% UR.

O valor médio de clorofila total dos tratamentos foi inferior aos registrados por Bajpai et al. (2005) (89,7 mg 100g⁻¹) para *S.*

oleracea. A degradação de clorofila depende da resposta ao estresse e outros fatores, como transformação da clorofila em feofitina, pH, luz, atmosfera modificada, temperatura e cultivar (Ryan-Stoneham e Tong, 2000; Lipton, 1987).

Tabela 1. Teor de clorofila (mg 100 g⁻¹) de espinafre 'Nova Zelândia' (*T. expansa*) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos e armazenados a 5°C e 90% UR.

Tratamento	Dias após o processamento				
	1	5	8	12	15
Controle	67,06 Aab	70,47 Aa	71,94 Aa	68,01 Aa	60,48 Aa
0,01% AC	78,05 Aa	66,31 Aa	77,68 Aa	68,88 Aa	67,87 Aa
0,02% AC	53,36 Bb	69,22 ABa	76,96 Aa	65,96 ABa	61,99 ABa
1% CC	67,06 Aab	61,97 Aa	68,54 Aa	61,79 Aa	66,19 Aa
0,01% AC + 1% CC	72,43 Aa	72,76 Aa	62,80 Aa	75,12 Aa	75,06 Aa
0,02% AC + 1% CC	70,38 ABab	77,59 Aa	65,78 ABa	70,95 ABa	58,68 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. AC: Ácido cítrico; CC: Cloreto de cálcio.

Ansorena et al. (2014) observaram diminuição do teor de clorofila total em brócolis minimamente processado quando submetido a soluções com as concentrações de 1 e 2% de ácido cítrico, justificando o fato devido a redução do pH, o qual é considerado um dos fatores que regula a degradação da clorofila (Francis, 1985).

Não houve variação estatística significativa ($p < 0,05$) nos compostos fenólicos na interação tratamentos *versus* períodos de armazenamento, demonstrando que esta variável não foi influenciada pelos tratamentos aplicados no espinafre minimamente processado. No primeiro dia de armazenamento a amostra controle apresentou valor de compostos fenólicos aproximadamente 65% menor quando comparada às demais amostras (Figura 2). Até o décimo quinto dia de armazenamento as amostras apresentaram decréscimo no teor de compostos fenólicos totais, apresentando em média 0,97 mg EAG g⁻¹.

Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Bottino et al. (2009), que também não verificaram alterações no conteúdo de compostos fenólicos do espinafre minimamente processado durante o

armazenamento. Os autores não encontraram relação entre o acúmulo desses compostos e a atividade da enzima polifenoloxidase, responsável pela formação de pigmentos marrons nos vegetais, explicando ainda que isso pode ser atribuído ao alto teor de ácido ascórbico endógeno no espinafre.

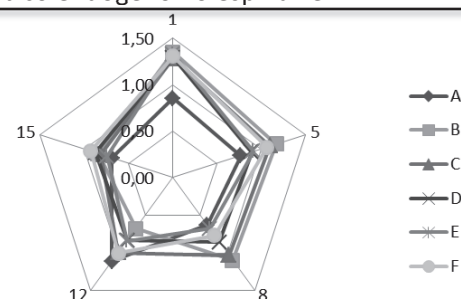


Figura 2. Compostos fenólicos totais (mg EAG g⁻¹) de espinafre 'Nova Zelândia' (*T. expansa*) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos químicos nos dias 1, 5, 8, 12 e 15 após o processamento. A: controle (sanitizadas); B: 0,01% ácido cítrico; C: 0,02% ácido cítrico; D: 1% cloreto de cálcio; E: 0,01% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio; F: 0,02% ácido cítrico + 1% cloreto de cálcio.

Bunea et al. (2008) encontraram valor 2,08 mg EAG g⁻¹ em espinafre *in natura* (*S. oleracea*). Os valores obtidos no presente

trabalho (0,68 a 1,30 mg EAG g⁻¹) estão abaixo dos relacionados ao espinafre *in natura*, provavelmente devido às condições de processamento e armazenamento, considerando que esses compostos são hidrossolúveis e dependem da disponibilidade de oxigênio e exposição à luz (Rickman et al., 2007).

Com relação ao teor de ácido ascórbico, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores médios dessa variável na interação entre tratamentos e dias de armazenamento do espinafre minimamente processado. O valor médio do teor de ácido ascórbico foi de 26,05 mg 100 g⁻¹ (Figura 3). Evangelista et al. (2009) observaram que o tratamento com soluções de cloreto de cálcio não foi eficaz na manutenção do teor de ácido ascórbico, o qual decresceu durante o armazenamento, registrando valores entre 1,92 e 10,77 mg 100 mL⁻¹. Kluge et al. (2014) ao estudarem o efeito de diversos antioxidantes na qualidade do pimentão amarelo minimamente processado, observaram que o ácido ascórbico e o ácido cítrico aumentaram e mantiveram o teor de ácido ascórbico dos frutos durante o armazenamento por 14 dias.

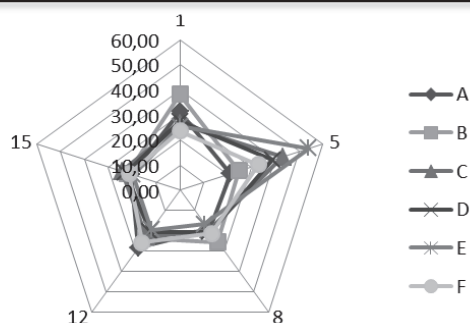


Figura 3. Teor de ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) do espinafre Nova Zelândia (*T. expansa*) minimamente processado tratamentos químicos nos dias 1, 5, 8, 12 e 15 após o processamento. A: controle (sanitizadas); B: 0,01% ácido cítrico; C: 0,02% ácido cítrico; D: 1% cloreto de cálcio; E: 0,01% ácido cítrico+1% cloreto de cálcio; F: 0,02% ácido cítrico+1% cloreto de cálcio.

A concentração de oxigênio no interior da embalagem foi maior após um dia do processamento para o controle (20,90%), tendo diminuído para 14,42% no décimo segundo dia, e voltando a se elevar no último dia. Durante o armazenamento, os tratamentos combinados apresentaram menores teores de O₂. Não foram registradas diferenças significativas no primeiro dia de armazenamento na concentração de O₂, mas no quinto dia o tratamento 0,02% ácido cítrico + 1% CaCl₂ apresentou menor valor (14,75), não havendo diferenças entre os demais. No oitavo dia de armazenamento o tratamento com 1% CaCl₂ apresentou menor concentração de oxigênio na embalagem, não havendo diferenças entre os demais. Nos últimos dias de armazenamento, as amostras tratadas com 0,02% ácido cítrico e 1% ClCa₂ registraram maiores valores (Tabela 2).

A partir do quinto dia de armazenamento, as amostras tratadas com 1% de cloreto de cálcio consumiram menos O₂ e, a partir do décimo segundo dia, o tratamento com 2% de ácido cítrico apresentou o mesmo comportamento (Tabela 2).

A concentração de CO₂ nas embalagens foi menor para o controle no primeiro dia após o processamento, tendo aumentado até o oitavo dia e diminuído nos demais. Houve diferenças significativas entre os tratamentos a partir do quinto dia, em que as amostras tratadas com ácido cítrico apresentaram maiores valores. No décimo segundo dia não foram registradas diferenças significativas, mas no último dia o controle apresentou menores valores de CO₂%.

Os dados no início do armazenamento foram semelhantes aos obtidos por Pandrangi e Laborde (2004) que não verificaram diferenças nas concentrações de gases durante o armazenamento do espinafre (*S. oleracea*) minimamente processado em bolsas de polietileno por oito dias. As concentrações de O₂ e CO₂ foram de 20,1% e 0,03% respectivamente, sendo que os autores

constatarem ainda que essas taxas não foram afetadas pela temperatura e tempo de armazenamento.

Apesar das diferenças significativas entre as concentrações de gases durante o armazenamento a partir do quinto dia, observa-se que as taxas foram semelhantes, não havendo acúmulo de dióxido de carbono do interior das mesmas, o que indica que a embalagem constituiu uma barreira na troca de gases com a atmosfera da câmara fria.

Kaur et al. (2011) observaram que as concentrações de gases no interior das embalagens podem variar ao longo do armazenamento por causa de fatores como tipo de filme da embalagem e se este contém perfurações, espessura e quantidade do produto acondicionado, e do espaço livre no interior da embalagem. Essas variações podem ter influenciado o conteúdo de clorofila, ácido ascórbico e compostos fenólicos no espinafre minimamente processado.

Tabela 2. Concentração de Oxigênio (%) e gás carbônico (%) no interior das embalagens do espinafre Nova Zelândia (*T. expansa*) minimamente processado submetido a tratamentos químicos, armazenados a 5°C.

Concentração de O ₂ (%)		Dias após o processamento				
Tratamento		1	5	8	12	15
Controle		20,90 Aa	16,05 Bab	14,12 Cb	14,42 Cab	16,17 Bb
0,01% AC		20,85 Aa	14,90 Cab	14,40 Cab	14,45 Cab	16,82 Bab
0,02% AC		20,75 Aa	15,65 Cab	14,90 Cab	15,75 Ca	17,90 Ba
1% CC		21,07 Aa	16,37 BCa	15,85 Ca	15,55 Ca	17,70 Ba
0,01% AC+1% CC		21,07 Aa	14,90 Cab	14,00 Cb	13,50 Cb	17,12 Bab
0,02% AC + 1%CC		21,10 Aa	14,75 Cb	14,20 Cb	13,60 Cb	17,10 Bab
Concentração de CO ₂ (%)		Dias após o processamento				
Tratamento		1	5	8	12	15
Controle		0,00 Ca	2,17 Ab	2,22 Aab	1,90 ABa	1,57 Ba
0,01% AC		0,00 Da	2,87 Aa	2,20 Bab	2,12 Ba	1,37 Cab
0,02% AC		0,07 Da	2,80 Aa	2,30 Aa	1,75 Ba	1,05 Cab
1% CC		0,00 Ca	2,22 Ab	1,90 Aab	1,92 Aa	1,10 Bab
0,01% AC+1% CC		0,00 Da	2,47 Aab	1,97 ABab	1,70 Ba	0,92 Cb
0,02% AC + 1%CC		0,00 Da	2,37 Aab	1,72 Bb	1,85 ABa	1,12 Cab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. AC: Ácido cítrico; CC: Cloreto de cálcio.

Martín-Diana et al. (2005) não verificaram diferenças significativas na concentração de gases no interior das embalagens de alface e cenoura minimamente processadas, submetidas a tratamentos com cloro e lactato de cálcio; os autores observaram também que o conteúdo de oxigênio decaiu e o de dióxido de carbono aumentou durante o armazenamento.

Kluge et al. (2014) observaram que a aplicação de ácido cítrico, ascórbico e salicílico foram eficazes na redução da taxa respiratória de pimentões amarelos minimamente processados.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que o processamento mínimo

do espinafre Nova Zelândia nas condições descritas neste experimento é viável, proporcionando folhas inteiras e higienizadas com qualidade físico-química e fisiológica adequadas por um período de vida útil de 12 dias a 5°C, mesmo quando o tratamento químico não foi aplicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansorena, M. R.; Moreira M. R.; Roura, S. I. Combined effect of ultrasound, mild heat shock and citric acid to retain greenness, nutritional and microbiological quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L.): An optimization study, Amsterdam, Postharvest Biology and Technology, v. 94, n. 8, p. 1-13, 2014.

- Artes-Hernandez, F.; Escalona, V. H.; Robles, P. A.; Martinez-Hernandez, G. B.; Artes, F. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, 83(3): 414-421, 2009.
- Anwar, S. B.; Iqbal, F. S. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, 43(3):560-67, 2008.
- Bajpai, M.; Mishra, A.; Prakash, D. Antioxidant and free radical scavenging activities of some leafy vegetables. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 56(7): 473-481, 2005.
- Bottino, A.; Degl'innocenti, E.; Guidi, L.; Graziani, G.; Fogliano, V. Bioactive Compounds during Storage of Fresh-Cut Spinach: The Role of Endogenous Ascorbic Acid in the Improvement of Product Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(7):2925-2931, 2009.
- Bunea, A.; Andjelkovic, M.; Socaciu, C.; Bobis, O.; Neacsu, M.; Verhé, R.; Van Camp, J. Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, Barking, v. 108, n.2, p. 649-656, 2008.
- Carvalho, C. R. L.; Mantovani, D. M. B.; Carvalho, P. R. N.; Moraes, R. M. Análises Químicas, Manual Técnico, Campinas, 1990, 121 p.
- Cenci, A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011, 144 p.
- Conway, W. S.; Sams, C. E.; Watada, A. E. Relationship between total and cell wall bound calcium following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 398, p. 31-39, 1995.
- Hernández, A. E.; Cardozo, C. J. M.; Flores, C. E. R.; Salazar, J. A. C.; Gómez, J. H. P. Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. *Acta Agronómica*, Palmira, v. 63, n. 1, p. 1-12, 2014.
- Evangelista, R. M.; Vieites, R. L.; Castro, P. S.; Rall, V. L. M. Qualidade de couve-chinesa minimamente processada e tratada com diferentes produtos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 29, n. 2, p. 324-332, 2009.
- Fan, X. T.; Sokorai, K. J. B. Changes in Quality, Liking, and Purchase Intent of Irradiated Fresh-Cut Spinach during Storage. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 76, n. 6, p. S363-S368, 2011.
- Francis, F. J. Pigments and other colorants, *Food Chemistry*, p. 281-304, 1985.
- Guzek, D.; Wierzbicka, A.; Głabska, D. Influence of low temperature blanching and calcium chloride soaking on colour and consumer attractiveness of broccoli, *Journal of Food and Nutrition Research*, v. 51, n. 2, p. 73-80, 2012.
- IFPA. International Fresh-Cut Produce Association. What Is a Fresh-Cut Produce?. 2005. Disponível em <http://www.creativew.com/sites/ifpa/about.html>. Acesso em 31 de Março de 2014.
- Jaworska, G.; Kmiecik, W. Comparison of the nutritive value of frozen spinach and New Zealand spinach. *Polish journal of food and nutrition sciences*, Olsztyn, v. 9, n. 4, p. 79-84, 2000.
- Jaworska G. Nitrates, nitrites and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach. Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chemistry*, New York, v. 93, n. 3, p. 395-401, 2005.
- Kaur, P.; Rai, D. R.; Paul, S. Quality changes in fresh-cut spinach (*Spinacia oleracea*) under modified atmospheres with perforations.

- Journal of Food Quality, Westport, v. 34, n. 1, p. 10-18, 2011.
- Kawashima, L. M.; Valente Soares, L. M. Efeito do tempo de branqueamento na extração seletiva de elementos minerais do substituto de espinafre (*Tetragonia expansa*) comumente empregado no Brasil. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 419-424, 2005.
- Kluge, R. A.; Geerdink, G. M.; Tezotto-Uliana, J. V.; Guassi, S. A. D.; Zorzeto, T. Q.; Sasaki, F. F. C.; Mello, S. C. Qualidade de pimentões amarelos minimamente processados tratados com antioxidantes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 2, p. 801-812, 2014.
- Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology. Plant cell Membranes*, London, v. 148, n. 22, p. 350-373, 1987.
- Ligor, M.; Trziszka, T.; Buszewski, B. Study of antioxidant activity of biologically active compounds isolated from green vegetables by coupled analytical techniques. *Food Analytical Methods*, v. 6, n. 2, p. 630-636, 2012.
- Lipton, W. J. Senescence of leafy vegetables. *HortScience*, St. Joseph, v. 5, n. 2, p. 854-859, 1987.
- Lunadei, L.; Diezma, B.; Lleó, L.; Ruiz-García, L.; Cantalapiedra, S.; Ruiz-Altisent, M. Monitoring of fresh-cut spinach leaves through a multispectral vision system. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 63, n. 1, p. 74-84, 2012.
- Manolopoulou, E.; Varzakas, T., Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride, *Food and Nutrition Sciences*, v. 2, n.9, p. 956-963, 2011.
- Martín-Diana, A. B.; Rico, D.; Barry-Ryan, C.; Frias, J. M.; Mulcahy, J.; Henahan, G. T. M. Comparison of calcium lactate with chlorine as a washing treatment for fresh-cut lettuce and carrots: quality and nutritional parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 85, n. 13, p. 2260-2268, 2005.
- Martín, O.; Soliva, R.; Y Oms-Oliu, G. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. Disponível em: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/70/005/70005.pdf>. Acesso em 5 de outubro de 2013.
- Méndez, A. Aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1):34 – 43, 2008.
- Morais, P. L. D.; Dias, N. S.; Almeida, M. L. B.; Sarmento, J. D. A.; Sousa, Neto O. N. Qualidade pós-colheita da alface hidropônica em ambiente protegido sob malhas termofletores e negra. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 638-644, 2011.
- Moretti, C. L. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Hortaliças. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília, 2007. 531 p.
- Konica Minolta. Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Ramsey: Konica Minolta, 1998.
- Nuutila, A. M.; Pimia, R. P.; Aami, 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*, Netherlands, v. 81, n. 4, p. 485-493, 2003.
- Pandurangi, S.; Laborde, L. F. Retention of folate, carotenoids, and other quality characteristics in commercially packaged fresh spinach. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 69, n. 9, p. C702-C707, 2004.
- Park, C. M.; Beuchat, L. R. Evaluation of

- sanitizers for killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* and naturally occurring microorganisms on cantaloupes, honeydew melons, and asparagus. Dairy, Food and Environmental Sanitation, Ames, p. 842-847, 1999.
- Qusti, S. Y.; Abu-Khatwa, A. N.; Lahwa, M. A. B. Screening of antioxidant activity and phenolic content of selected food items cited in the Holy Quran. EJBS, v. 2, n. 1, p. 40-51. 2010.
- Reis, H. F.; Melo, C. M.; Melo, E. P.; Silva, R. A.; Scalon, S. P. Q. Conservação pós-colheita de alface crespa, de cultivo orgânico e convencional, sob atmosfera modificada. Horticultura Brasileira 32(3):303-309, 2014.
- Rickman, J. C.; Barrett, D. M.; Bruhn, C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 87, p. 930-944, 2007.
- Ryan-Stoneham, T.; Tong, C. H. Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH. Journal of Food Science, Chicago, v. 65, n. 8, p. 1296-1302, 2000.
- Salata, A. C.; Cardoso, A.; Evangelista, R. M.; Magro, F. O. Uso de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na qualidade de repolho minimamente processado. Horticultura Brasileira, Brasília, 32(4):391-397, 2014.
- 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, n. 3, p.144-158, 1965.
- Toivonen, P. M. A.; De-Ell, J. R. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. In: Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology and market. O. Lamikanra (Ed.), Boca Raton, FL: CRC Press, 2002.