

Estudo da influência de diferentes tempos e métodos de cocção na estabilidade dos teores de clorofila e ácido ascórbico em brócolis (*Brassica oleraceae*)

A. C. M. S. Aquino, M. H. M. Silva, A. K. S. Rocha, A. A. Castro

Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil
carolsena@ig.com.br

(Recebido em 17 de agosto de 2010; aceito em 07 de janeiro de 2011)

Este trabalho avaliou o efeito de diferentes métodos e tempos de cocção na estabilidade de clorofilas e de ácido ascórbico em inflorescências de brócolis. As amostras foram submetidas ao cozimento em água em ebulição, em vapor, em água/pressão e em vapor/pressão nos tempos de 2, 4 e 6 minutos. Os métodos vapor e vapor/pressão promoveram uma redução no teor de clorofila a de 14% e 21% respectivamente, após 6 minutos de tratamento térmico. Em relação a clorofila b, o método de cocção em que ocorreu menor perda desta foi o método por vapor por 2 minutos e o de maior perda foi o de pressão/vapor por 6 minutos. Quanto a clorofila total, foram observadas reduções nos seus teores para todos os métodos e tempos de cocção, sendo a maior perda para o tratamento pressão/vapor (48,91%). O método de cocção mais indicado para manutenção do ácido ascórbico foi o vapor, que reteve 90,12% após 6 minutos, enquanto que o método com a combinação de pressão e vapor, após o mesmo tempo, reteve apenas 19,06% desse componente. Os resultados desse estudo demonstraram que o método mais indicado para o cozimento de inflorescências de brócolis é o vapor por 4 minutos, pois além da manutenção do ácido ascórbico (95,18%), neste tempo houve também uma boa retenção da clorofila total (77,18%).

Palavras-chave: cozimento, brócolis, clorofila, ácido ascórbico.

This study evaluated the effect of different cooking methods and times of the stability of chlorophyll and ascorbic acid in fresh broccoli. The samples were subjected to cooking in boiling water, steam, water/pressure, steam/pressure during 2, 4 and 6 minutes. Vapor and steam/pressure methods promoted a reduction in chlorophyll a content to 14% and 21% respectively after six minutes of heat treatment. For chlorophyll b, the lowest loss of this was the method by steam for 2 minutes and was the largest loss of steam/pressure for 6 minutes. As for total chlorophyll, were observed reductions in their levels for all methods and cooking times, the highest loss for treatment steam/pressure (48.91%). The better method of cooking for maintenance of ascorbic acid was steam, which retained 90.12% after six minutes, while the method with the combination of pressure and steam, after the same time, retained only 19.06% of this component. The results of this study showed that the best method for cooking fresh broccoli is to steam for 4 minutes, as well as the maintenance of ascorbic acid (95.18%), this time there was also a good retention of chlorophyll (77.18%).

Keywords: cooking, broccoli, chlorophyll, ascorbic acid.

1. INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea*) é uma hortaliça de grande consumo e importância econômica no mercado brasileiro, sendo consumido principalmente *in natura* ou minimamente processado. Porém, ele apresenta um inconveniente que é a curta vida de prateleira, pois com o passar do tempo ocorre a deterioração de sua cor, provocada pela degradação das clorofilas [1]. A clorofila é uma substância orgânica de cor verde que constitui o principal pigmento fotossintetizante de plantas e algas, sendo responsável pela captação de energia luminosa, permitindo sua utilização pelo organismo [2]. A clorofila está presente nos cloroplastos, associada com carotenóides, lipídios e proteínas. Existem ligações fracas entre as moléculas, o que explica sua fácil degradação. Ao submeter a clorofila ao processo de aquecimento ocorrerá a desnaturação das proteínas que a protegem, com perda de magnésio e formação da feofitina, gerando-se modificações da coloração [3].

A cocção é a aplicação do calor no alimento proporcionando características bem definidas em termos de cor, sabor, consistência, rendimento, composição química e conservação. Deve possuir baixo custo e não produzir resíduos indesejáveis. Possui a capacidade de modificar a estrutura de algumas moléculas do alimento, tornando-a mais digerível, além de proporcionar

melhores condições sanitárias, inibindo ou destruindo alguns microrganismos indesejáveis e produtos químicos utilizados na agricultura [4].

Conforme Rodrigues [5], as perdas de vitaminas nos alimentos ocorrem através das mudanças químicas. O oxigênio e a luz também aceleram as perdas. Essas mudanças acontecem mais rapidamente quando a temperatura utilizada for muito elevada. O processamento requer especial atenção, pois o contato do alimento com a água leva a diminuição não só das vitaminas hidrossolúveis (ex: ácido ascórbico) como também de outros nutrientes importantes à saúde.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes métodos e tempos de cocção nos teores de clorofilas e de ácido ascórbico de inflorescências de brócolis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

Foram utilizadas as inflorescências de brócolis ramosos adquiridos no Centro de Abastecimento da cidade de Aracaju, Sergipe. As amostras foram selecionadas, higienizadas em água corrente para retirada das impurezas macroscópicas e em seguida foram submetidas aos diferentes tratamentos térmicos (na proporção 1:5, alimento/água): cozimento em água, cozimento no vapor, cozimento em água sob pressão, cozimento no vapor sob pressão, durante os tempos de 2, 4 e 6 minutos. Os métodos foram realizados em panela de aço inoxidável sem tampa (cozimento em água fervente), cuscuzeira de aço inoxidável (cozimento no vapor), panela de pressão de alumínio (cozimento sob pressão em água fervente) e panela de pressão de alumínio com cesta interna de aço inoxidável para acondicionamento das amostras (cozimento no vapor sob pressão). Os tempos foram medidos a partir do momento que a água ferveu e as amostras de inflorescências de brócolis foram colocadas nos recipientes. Após esses procedimentos, as amostras foram resfriadas e embaladas em sacos de polietileno de alta densidade, seladas e mantidas em refrigerador doméstico por 24 horas a uma temperatura de 10°C, para posteriores análises.

Os teores de ácido ascórbico foram determinados pelo método padrão, nº 43.065, da A.O.A.C. [6] modificado por Benassi [7], onde se substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico, que se baseia na redução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódico (DCF) pelo ácido ascórbico. Os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total foram avaliados pelo método proposto por Lichtenthaler [8].

Os resultados foram avaliados estatisticamente pelo programa computacional ASSISTAT versão 7.5 beta, por Análise de Variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey em nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Clorofilas

Na Tabela 1, observa-se um aumento significativo no teor de clorofila a, caracterizando uma maior intensidade da cor verde, em relação aos valores encontrados para as inflorescências de brócolis *in natura*, em todos os métodos de cocção estudados, com exceção dos métodos vapor e pressão/vapor que obtiveram redução de 14% e 21% respectivamente, após 6 minutos de tratamento térmico. Pellegrini *et al.* [9] avaliando o efeito de diferentes métodos domésticos de cozimento nos teores de componentes fitoquímicos de brócolis fresco, após 8 minutos de cozimento em água em ebulição, não detectaram a presença de clorofila a, enquanto que para o cozimento em vapor por 13 minutos verificaram uma redução desta de 65,87%.

O tempo foi um fator determinante na redução dos teores desse componente, para o qual os melhores métodos de cocção foram vapor a 2 minutos com aumento de clorofila a de 3%, seguido do método de pressão/água a 6 minutos com aumento de 3,7%.

Tabela 1: Resultados dos teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total das inflorescências de brócolis submetidas a diferentes tratamentos térmicos.

Tratamentos Térmicos	Clorofila a* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra)	Clorofila b* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra)	Clorofila total* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra)
Amostra in natura	5,120 ^j ± 0,007	6,848 ^a ± 0,012	11,968 ^a ± 0,018
Vapor - 2 min	5,273 ⁱ ± 0,003	5,269 ^b ± 0,017	10,542 ^f ± 0,014
Vapor - 4 min	6,033 ^f ± 0,009	3,203 ^g ± 0,004	9,237 ⁱ ± 0,005
Vapor - 6 min	4,406 ^l ± 0,005	2,396 ^j ± 0,042	6,802 ^m ± 0,012
Água em ebulição - 2 min	7,580 ^a ± 0,026	3,963 ^c ± 0,011	11,543 ^b ± 0,015
Água em ebulição - 4 min	7,060 ^d ± 0,018	3,549 ^f ± 0,014	10,609 ^e ± 0,017
Água em ebulição - 6 min	6,214 ^e ± 0,027	3,952 ^c ± 0,012	10,166 ^g ± 0,018
Pressão e água - 2 min	7,407 ^b ± 0,031	3,649 ^d ± 0,015	11,055 ^c ± 0,021
Pressão e água - 4 min	7,320 ^c ± 0,051	3,603 ^e ± 0,020	10,923 ^d ± 0,019
Pressão e água - 6 min	5,310 ^h ± 0,024	2,569 ⁱ ± 0,010	7,879 ^l ± 0,017
Pressão e vapor - 2 min	6,193 ^e ± 0,055	3,178 ^h ± 0,012	9,370 ^h ± 0,018
Pressão e vapor - 4 min	5,701 ^g ± 0,067	3,220 ^g ± 0,022	8,921 ^j ± 0,020
Pressão e vapor - 6 min	4,029 ^m ± 0,018	2,085 ^l ± 0,047	6,114 ⁿ ± 0,018

*Média de três repetições ± Desvio padrão

Numa mesma coluna médias com mesma letra não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

Pode-se observar que as perdas de clorofila b (Tabela 1) variaram nos diferentes métodos de cocção em que as amostras foram submetidas, sendo assim, houve perdas estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) nos métodos de cocção estudados. Diante destes resultados, pode-se constatar que o método de cocção em que ocorreu menor perda foi o método por vapor por 2 minutos resultando em uma redução de 23,06% e o método de maior perda foi o de pressão/vapor por 6 minutos com redução de 69,50%. Pellegrini *et al.* [9] determinaram reduções de 65,22% e 56,86%, respectivamente, para brócolis cozidos em água em ebulição (por 8 minutos) e em vapor (por 13 minutos).

As amostras de inflorescências de brócolis submetidas a diferentes métodos de cocção tiveram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre todos os métodos para o parâmetro clorofila total. Foram observadas reduções nos seus teores em relação à amostra *in natura* (11,968 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), sendo a maior perda para o tratamento pressão/vapor (48,91%).

Os métodos de cocção estudados promoveram reduções, respectivamente, dos teores de clorofila total durante o cozimento por 2, 4 e 6 minutos de: 11,92%, 22,82% e 43,17% para vapor; 3,55%, 11,36% e 15,05% para água em ebulição; 7,63%, 8,73% e 34,17% para pressão/água; 21,71%, 25,47% e 48,91% para pressão/vapor. Estes resultados evidenciam que o método de cocção por água em ebulição mantém mais efetivamente o teor de clorofila total em relação aos outros tratamentos.

Santos *et al.* [10] realizaram um estudo sobre o tempo de cozimento e suas influências nos teores de clorofila em folhas de brócolis e em couve-flor, e concluíram que a maior parte desses foram removidos pela água, existindo perdas significativas de clorofila com o tratamento térmico, sendo essas perdas acentuadas conforme o método de cocção utilizado

A perda de clorofila causa mudança de cor nos vegetais, o que muitas vezes está associado com a perda de qualidade destes quando utilizados como alimentos. Pela degradação da clorofila, a cor passa de verde-brilhante para verde-oliva em alimentos processados e uma ampla variedade de cores em tecidos senescentes, no caso de vegetais consumidos *in natura* [11]. A clorofila é sensível ao pH, enzimas, temperatura, luz e oxigênio, os quais têm maior ou menor influência na sua degradação de acordo com a atividade de água do meio [12, 13]. Em virtude

disso, a constituição do alimento e as condições de processamento, bem como o ambiente de armazenagem, influenciam grandemente no curso da degradação da clorofila em alimentos processados [11,14].

3.2. Ácido Ascórbico

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de ácido ascórbico das inflorescências de brócolis submetidas a diferentes métodos e tempos de cocção. O brócolis *in natura* é uma excelente fonte de vitamina C, porém alguns métodos de cocção não possuem a capacidade de conservar essa vitamina, visto que ela é termosensível, como relatado por Pillon [15], ou seja, muito sensível ao oxigênio e a luz, além dos cortes nos tecidos dos vegetais contribuírem para maiores perdas.

Tabela 2: Resultados dos teores de ácido ascórbico das inflorescências de brócolis submetidas a diferentes tratamentos térmicos.

<i>Tratamentos Térmicos</i>	<i>Ácido Ascórbico *</i> <i>(mg.100g⁻¹ de amostra)</i>	<i>Retenção</i> <i>(%)</i>
<i>Amostra in natura</i>	114,719 ^a ± 7,726	100,00
<i>Vapor - 2 min</i>	109,485 ^{ab} ± 6,313	95,44
<i>Vapor - 4 min</i>	109,191 ^{ab} ± 6,655	95,18
<i>Vapor - 6 min</i>	103,382 ^{ab} ± 7,695	90,12
<i>Água em ebulição - 2 min</i>	93,211 ^b ± 7,754	81,25
<i>Água em ebulição - 4 min</i>	92,757 ^b ± 7,716	80,86
<i>Água em ebulição - 6 min</i>	43,694 ^d ± 7,301	38,09
<i>Pressão e água - 2 min</i>	43,934 ^d ± 6,874	38,30
<i>Pressão e água - 4 min</i>	32,696 ^{de} ± 9,637	28,50
<i>Pressão e água - 6 min</i>	21,869 ^e ± 9,775	19,06
<i>Pressão e vapor - 2 min</i>	71,024 ^c ± 7,726	61,91
<i>Pressão e vapor - 4 min</i>	65,849 ^c ± 7,231	57,40
<i>Pressão e vapor - 6 min</i>	33,816 ^d ± 6,553	29,48

*Média de três repetições ± Desvio padrão

Numa mesma coluna médias com mesma letra não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

Os valores de vitamina C encontrados são da mesma ordem de magnitude dos relatados por outros autores. Pfendt *et al.* [16] encontraram teor de ácido ascórbico em brócolis cru de cerca de 93 mg.100g⁻¹. Em estudo realizado por Rodrigues [17] o brócolis cru apresentou teores entre 90 e 136 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, enquanto Davey [18] relatou conteúdo mais elevado, em torno de 186 mg.100g⁻¹, e Franke [19] encontrou valores entre 41 e 64 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico em brócolis cru e 18 a 21 mg.100g⁻¹ em brócolis cozido.

Em geral, o teor de vitaminas em alimentos de origem vegetal é bastante variável, ainda que para uma mesma espécie. A revisão feita por Lee & Kader [20], reporta bem os fatores que influenciam a variação no conteúdo de vitamina C de frutas e hortaliças, como a variedade, as condições climáticas e a forma de cultivo.

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, observa-se que o método de cocção mais indicado para manutenção do ácido ascórbico foi o vapor seguido do método por imersão em água em ebulição. O método de cocção no vapor reteve 90,12% do teor de ácido ascórbico após os 6 minutos de cozimento, enquanto que o método com a combinação de pressão e vapor, após o mesmo tempo, reteve apenas 19,06% desse componente. Pellegrini *et al.* [9] verificaram reduções de 18,39% e 22,58%, respectivamente, nos teores de ácido ascórbico de brócolis pelos métodos de cocção com água em ebulição (por 8 minutos) e em vapor (por 13 minutos).

Verificou-se também que quanto maior o tempo de cocção, maior a perda de vitaminas. Segundo Prochaska [21], a destruição de vitaminas provocadas pelo tratamento térmico depende do tempo de exposição ao calor e do método de cocção utilizado. Portanto, a vitamina C por ser hidrossolúvel, pode ser retida pela água, tanto no método por imersão quanto nos métodos que utilizaram água sob pressão, conforme Mahan [22].

4. CONCLUSÃO

O método de água em ebulição promoveu maior retenção da clorofila total das inflorescências de brócolis, enquanto que o método de cocção por vapor manteve 90,12% do teor de ácido ascórbico após 6 minutos de tratamento térmico. De forma geral, o método mais indicado para o cozimento de brócolis é o vapor por 4 minutos, pois além da manutenção do ácido ascórbico (95,18%), neste tempo houve também uma boa retenção da clorofila total (77,18%).

1. PALUDO, G.; REINEHR, C. Influência das condições de armazenamento sobre o teor de clorofila do brócolis (*Brassica oleracea*). In: XXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA E VI FEIRA DE PROTÓTIPOS. *Anais*. RS: Unijuí, 2006.
2. BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. *Química do processamento de alimentos*. São Paulo: Livraria Varela, 2. ed. 1992, p. 103-107.
3. FENNEMA, O.R. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia, 2000, p. 778-799.
4. TEICHMANN, I. *Tecnologia Culinária*. Caxias do Sul: Editora Universidade de Caxias do Sul, 2000.
5. RODRIGUES, C.M.A.; SANT'ANA, H.M.P. É possível prevenir perdas de vitaminas em alimentos?. *Nutrição em Pauta*, n. 63, p.12-17, 2003.
6. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 14. ed. Arlington: Sidney Williams (Ed.), 1984. 1141 p.
7. BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
8. LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L., Douce, R. (Eds.). *Methods in enzymology*. London: Academic Press, v.148, p.350-81, 1987.
9. PELLEGRINI, N.; CHIAVARO, E.; GARDANA, C.; MAZZEO, T.; CONTINO, D.; GALLO, M. RISO, M.; FOGLIANO, V.; PORRINI, M. Effect of Different Cooking Methods on Color, Phytochemical Concentration, and Antioxidant Capacity of Raw and Frozen Brassica Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 7, p. 4310-4321, 2010.
10. SANTOS, M.A.T.; ABREU, C.M.P.; CARVALHO, V.D.D. Efeitos de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). *Ciências e Agrotecnologia*, v. 27, n.3, p.597-604, 2003.
11. HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science and Technology*, v. 7, p. 8-15, 1996.
12. SCHWARTZ, S.J.; LORENZO, T.V. Chlorophylls in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 29, n. 1, p. 1-17, 1990.
13. BOHN, T.; WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc-phthalocyanine as an internal standard. *Journal of Chromatography A*, v. 1024, p. 123-128, 2004.
14. MORAWICKI, R.O.; SCHMALKO, M.E.; KANZIG, R.G. Chlorophyll stability in yerba maté leaves in controlled atmospheres. *Brazilian archives of biology and technology*, v. 42, n. 1, p. 85-90, 1999.
15. PILLON, L. *Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração*. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
16. PFENDT, L.B. et al. Second order derivative spectrophotometric method for determination of vitamin C content in fruits, vegetables and fruit juices. *Europe Food Research Technology*, v. 217, n. 3, p. 269-272, 2003.
17. RODRIGUES, C.M.A. *Avaliação e controle de perdas de vitamina C em hortaliças preparadas em restaurante comercial e institucional*. 2005. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Departamento de Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

18. DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V.; INZÉ, D.; SANMARTIM, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVEL, D.; FLETCHER, J. Plant ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of Science and Food Agriculture*, v. 80, p. 825-860, 2000.
19. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.17, p.1-35, 2004.
20. LEE, S. K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.
21. PROCHASKA, L.J. et al. Effects of food processing on the thermodynamic and nutritive value of foods: literature and database survey. *Med. Hypoth.*, v.54, n.2, p.254-262, 2000.
22. MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia*. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003.