

ISADORA D'ANDREA BALSINI

ANÁLISE SENSORIAL E RETENÇÃO DE VITAMINA C EM DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO DO BRÓCOLIS

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de
Alimentos, Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia,
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nina Waszczynskyj

Co-orientador: Prof. Dr. Renato João Sossela
de Freitas

CURITIBA

2002

Balsini, Isadora D'Andrea

Análise sensorial e retenção de vitamina C em diferentes processos de cocção do brócolis / Isadora D'Andrea Balsini. — Curitiba, 2002. x, 89 f. : il.; tabs.

**Orientador: Nina Waszczynskyj, Renato João Sossela de Freitas
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia.**

1. Brocolo – Análise sensorial. 2. Brocolo – Vitamina C. I. Waszczynskyj, Nina. II. Freitas, Renato João Sossela de. III. Título.

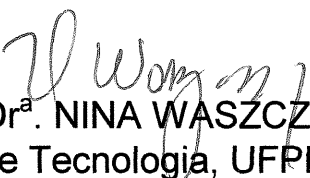
CDD 20. 664.07

ISADORA D'ANDREA BALSINI

**ANÁLISE SENSORIAL E RETENÇÃO DE VITAMINA C EM
DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO DO BRÓCOLIS**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientadora:


Prof.^a. Dr.^a. NINA WASZCZYNSKYJ
Setor de Tecnologia, UFPR


Prof.^a. Dr.^a. PATRÍCIA TEIXEIRA P. S. PENTEADO
Setor de Ciências da Saúde, UFPR


Prof.^a. Dr.^a. ELENICE HARUKO MURATE
Setor de Ciências da Saúde, UFPR

Curitiba, 13 de Dezembro de 2002

AGRADECIMENTOS

À professora Dra Nina Waszczynskyj, pelo apoio, confiança e segura partilha de conhecimentos.

Ao professor Dr Renato João Sossela de Freitas, pelo auxílio e incentivo no desenvolvimento dessa dissertação.

À professora Dr.^a Elenice Murate, por contribuir com sua experiência e críticas construtivas com o conteúdo deste trabalho.

À professora Dr.^a Patrícia Penteado, pela disponibilidade para realizar o julgamento deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo fornecimento de bolsa de Mestrado.

Ao agrônomo da Fazenda da UFPR, Márcio Renato Muraro, que prontamente se dispôs a ajudar no plantio e colheita dos brócolis, auxiliando na realização desta pesquisa.

Ao colega Ricardo, por ter compartilhado seu conhecimento sobre análise de vitaminas.

Aos colegas Rupércio e Liane, pela colaboração, amizade e auxílio que prestaram sempre que necessário.

Ao Paulo e Lídice, pela atenção e disponibilidade.

À família Rabito, Leliana, Edvair, Luciana e Cleverson, por ter me acolhido nestes últimos dois anos e em especial à amiga Estela, pelo apoio, incentivo e exemplo.

Às amigas distantes, Tatiana e Letícia, por fazerem parte dos momentos importantes da minha vida.

Às colegas Andrea e Bárbara, pelos conselhos, conversas, desabafos e pelas horas de lazer e distração que fizeram com que meu trabalho se tornasse tranquilo principalmente nos momentos estressantes.

Ao Marcio Lucio, meu namorado, pelo estímulo e respeito, mas principalmente pelo ombro amigo nas horas difíceis.

Ao meu pai e minha irmã, Conrado e Taísa, pelo interesse, ânimo, encorajamento e segurança.

À minha mãe, Beth, pelo auxílio na correção do texto para melhor compreensão do mesmo, além do estímulo e paciência necessários.

À cidade de Curitiba que me acolheu. À UFPR que pela sua qualidade serviu de exemplo na minha formação acadêmica.

À Deus por ter me iluminado e mostrado sempre o melhor caminho a percorrer.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS.....	4

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....5

1 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
1.1 VEGETAIS.....	7
1.1.1 Perdas de vitaminas em vegetais.....	7
1.2 BRÓCOLIS.....	12
1.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	16
1.4 ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C).....	19
1.4.1 Biodisponibilidade e recomendações de vitamina C.....	24
1.5 ANÁLISE DE VITAMINAS.....	26
1.6 ANÁLISE SENSORIAL.....	28
1.6.1 Métodos Descritivos.....	32
REFERÊNCIAS.....	34

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE SENSORIAL DE BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO.....45

RESUMO.....	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1 MATERIAL.....	49
2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO.....	49
2.3 ANÁLISE SENSORIAL DO BRÓCOLIS.....	51
2.3.1 Recrutamento e seleção dos julgadores.....	51
2.3.2 Análise descritiva quantitativa.....	51

2.3.3 Teste de ordenação.....	53
2.3.4 Teste sensorial do brócolis.....	53
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.1 ANÁLISE SENSORIAL DO BRÓCOLIS.....	56
3.1.1 Julgadores recrutados e selecionados.....	56
3.1.2 Treinamento e testes sensoriais.....	56
3.1.3 Análise dos dados obtidos no Perfil de Características.....	56
4 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

CAPÍTULO 3 - VITAMINA C EM BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO.....67

RESUMO.....	68
1 INTRODUÇÃO.....	69
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.1 MATERIAL.....	71
2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO.....	71
2.3 ANÁLISE DO ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)	72
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	81

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....83

ANEXOS.....85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

TABELA 01 – Perdas de vitamina C durante o período de armazenamento sob diferentes condições de tempo e temperatura em vegetais.....	9
TABELA 02 - Perda de vitamina C do brócolis submetido a diferentes tratamentos térmicos.....	11
TABELA 03 – Composição química geral e espécies de crucíferas cruas em g/100g da parte comestível.....	12
TABELA 04 – Conteúdo das principais vitaminas nas crucíferas cruas em mg/100 g de parte comestível.	13
TABELA 05 – Conteúdo de caroteno, tocoferol e ascorbato em espécies de <i>Brassica oleracea</i> em mg/100g do vegetal fresco.	13
TABELA 06 – Composição do brócolis conforme diferentes literaturas.....	14
TABELA 07 – Antioxidantes dietéticos, suas funções e benefícios para a saúde.....	18

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE SENSORIAL DE BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

TABELA 01 – Descritores utilizados pelos julgadores na avaliação dos atributos sensoriais do brócolis.....	52
TABELA 02 – Análise de variância – fibrosidade do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	57
TABELA 03 - Análise de variância – firmeza do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	57
TABELA 04 - Análise de variância – odor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	57
TABELA 05 - Análise de variância – sabor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	58

TABELA 06 - Análise de variância – cor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	58
TABELA 07 - Análise de variância – aparência do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	58
TABELA 08 – Resultado geral das análises de variância para características sensoriais.....	59
TABELA 09 - Análise de variância do teste de ordenação do brócolis submetido aos diferentes processos de cocção nos tempos propostos.....	62
TABELA 10 – Comparação das médias do teste de ordenação pelo teste de Tukey a 5%.....	62

CAPÍTULO 3 – VITAMINA C EM BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

TABELA 01 – Retenção de vitamina C em brócolis processado em vapor em diferentes tempos de cocção.....	76
TABELA 02 – Retenção de vitamina C em brócolis processado na água em ebulição em diferentes tempos de cocção.....	76
TABELA 03 – Retenção de vitamina C em brócolis processado em microondas em diferentes tempos de cocção.....	77
TABELA 04 – Análise de variância do conteúdo de vitamina C no brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.....	78

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 01 – Degradação do ácido ascórbico.	22
FIGURA 02 - Biossíntese do ácido ascórbico nos animais.....	23

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE SENSORIAL DE BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

FIGURA 01 – Brócolis <i>in natura</i> no plantio (a), pós colheita envolvido em papel filme (b) e cru (c)	55
FIGURA 02 – Brócolis processado na água em ebulição, no vapor e microondas em diferentes tempos.....	55
FIGURA 03 – Comparação de médias dos valores do atributo fibrosidade pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	60
FIGURA 04 – Comparação de médias dos valores do atributo firmeza pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	61
FIGURA 05 – Classificação dos tratamentos térmicos do brócolis segundo o teste de ordenação por percentual de colocação.....	63

CAPÍTULO 3 - VITAMINA C EM BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

FIGURA 01 – Brócolis <i>in natura</i> no plantio (a); pós colheita envolvido em papel filme (b) e cru (c).....	75
FIGURA 02 – Brócolis processado na água em ebulição, no vapor e microondas em diferentes tempos.....	75
FIGURA 03 - Comparação de médias dos valores de Vitamina C pelo teste de Tukey a 1% de significância.....	79

RESUMO

Por meio da seleção de processos de cocção para o brócolis híbrido Asgrow (espécie *Brócolos*, variedade *Sabre*, Híbrido) é possível obter um produto final com suas propriedades sensoriais melhores preservadas, maior aceitabilidade e retenção de vitamina C. Este trabalho teve como objetivo identificar o melhor método de cocção para se processar o brócolis para que o mesmo tenha boa aceitação pelos consumidores e visando uma perda mínima de vitamina C. Para isso foram avaliadas as propriedades sensoriais (aparência, cor, aroma, sabor e textura) e o teor de vitamina C do brócolis após cocção em vapor (3, 5 e 7 minutos), em água em ebulição (1, 3 e 5 minutos) e em microondas (30 segundos, 1 e 2 minutos). Para a avaliação sensorial foi adotado teste de análise descritiva qualitativa (ADQ) desenvolvido especificamente para o brócolis. A vitamina C foi determinada pelo método de Tillmans no brócolis “in natura” e após cada tratamento. Utilizando os métodos de cocção nos tempos propostos, não houve diferença significativa para os atributos aparência, cor, sabor e odor. Para a textura (fibrosidade e firmeza), existe diferença significativa ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente) entre os métodos de cocção utilizados, sendo que quanto maior o tempo de cocção, menor a firmeza do brócolis. As perdas de vitamina C variaram de 5,61% a 62,96%. Pôde-se concluir que o tipo de processo utilizado para o preparo e o tempo de cocção do brócolis influenciaram diretamente no conteúdo final de vitamina C, sendo a cocção em microondas o mais eficiente. Os brócolis mais firmes na água em ebulição (1 minuto) e no vapor (3 minutos), foram os preferidos pelos julgadores.

Palavras-chave: brócolis híbrido, métodos de cocção, análise sensorial, vitamina C.

INTRODUÇÃO

Vegetais como repolho, brócolis, couve, couve-flor, couve de bruxelas e nabo pertencem à família das crucíferas e botanicamente são conhecidas como sendo da espécie das *Brassicac*s (SALGADO,1999). O brócolis, cada vez mais presente na mesa dos consumidores, é um vegetal rico em vitamina C, boa fonte de vitamina A e folato; apresenta também quantidades significativas de proteína (5g), cálcio (130mg), ferro (1,2mg) e fibra (2,5g). Cem gramas de brócolis contêm cerca de 40 calorias, proporcionando quase o dobro das recomendações dietéticas de vitamina C, um terço das recomendações de vitamina A e folato. Estudos recentes têm mostrado que esses vegetais apresentam compostos importantes para prevenção de diversas doenças, inclusive o câncer (SALGADO,1999). Botanicamente, o brócolis é uma flor e segundo o teor de glicídeos, ele pertence ao grupo A contendo cerca de 5% de glicídeos (ORNELLAS, 1995).

De longa data sabe-se que o conteúdo de nutrientes dos alimentos varia de amostra para amostra, de fonte para fonte, mas raramente esses dados têm sido reportados na literatura (VANDERSLICE et al., 1990). Desde que as vitaminas são os micronutrientes mais abundantes em frutas e vegetais, a necessidade de dados acurados qualitativos e quantitativos desses componentes torna-se muito importante (SCOTT et al., 1996).

A vitamina C, junto com a vitamina E, vitamina A e o selênio têm sido reconhecidos e aceitos pela *Food and Drug Administration* (FDA) como um dos quatro antioxidantes dietéticos. A definição proposta pela *Panel on Dietary Antioxidants e Related Compounds of the Food and Nutrition Board* é que “um antioxidante dietético é uma substância nos alimentos que diminui significativamente os efeitos adversos de reação com oxigênio, nitrogênio ou ambos, sobre a função fisiológica normal em humanos” (CARR e FREI, 2000).

A vitamina C é vulnerável a mudanças químicas e oxidação enzimática e é altamente solúvel em água, sendo um marcador sensível e apropriado para monitorar mudanças na qualidade durante o transporte, processamento e armazenamento de vegetais (FAVELL, 1998). A determinação do seu conteúdo em vegetais é muito importante devido ao exposto e também pelo seu papel fundamental na nutrição humana (SALGADO, 1999). Por isto, o ácido ascórbico é um importante indicador da qualidade dos alimentos, pois sendo termolábil, sua presença no alimento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados (CARDELLO e CARDELLO, 1998).

Estudos sobre a retenção de nutrientes, particularmente para alimentos minimamente processados e como resultado do preparo dos alimentos, são geralmente escassos e têm recebido pouca atenção (LINDLEY, 1998; SANT'ANA et al., 1998). A qualidade final do vegetal, isto é, como esse chega à mesa do consumidor, é uma das principais características do mesmo, mas devido à grande variedade de métodos de cocção e tempos utilizados, o processo de cocção não tem sido incluído nas pesquisas (FAVELL, 1998).

As características de um produto envolvem atributos sensoriais (aparência, textura, gosto e aroma), valores nutritivos, constituintes químicos, propriedades mecânicas e funcionais. A combinação dessas características é conhecida como qualidade e a percepção do consumidor e sua resposta positiva, aceitabilidade (ABBOTT, 1999; SHEWFELT, 1999).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar o melhor método de cocção para se processar o brócolis para que o mesmo tenha boa aceitação pelos consumidores com maior retenção de vitamina C.

Esta dissertação foi dividida em capítulos para uma melhor compreensão do assunto estudado. O Capítulo 1 apresenta a revisão de literatura englobando todos os aspectos relacionados com o objetivo em questão. O Capítulo 2 apresenta a análise sensorial do brócolis e avaliação da sua aceitabilidade. No Capítulo 3 é apresentado o estudo sobre a retenção e perda de vitamina C no brócolis mediante

os diferentes métodos de cocção. As considerações finais do trabalho apresentam informações que criam o inter-relacionamento entre os capítulos, assegurando a homogeneidade da dissertação.

REFERÊNCIAS

- 1 ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.207-225, 1999.
- 2 CARR, A. C.; FREI, B. Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. **The Linus Pauling Institute**. Disponível em <<http://osu.orst.edu/dept/lip/index.html>> Acesso em 17 dez. 2000.
- 3 CARDELLO, H. M.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.18, n.2, 1998.
- 4 FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.59-64, 1998.
- 5 LINDLEY, M. G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, n.8-9, p.336-340, 1998.
- 6 ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética: seleção e preparo de alimentos**. São Paulo:Atheneu, 1995. 320p.
- 7 SALGADO, J. M. **Previna Doenças: faça do alimento seu medicamento**. São Paulo:Madras, 1999.
- 8 SANT'ANA, H. M. P.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C.; AZEREDO, R. M. C. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry**, v.61, n.1/2, p.145-151, 1998.
- 9 SCOTT, K. J.; FINGLAS, P. M.; SEALE, R.; HART, D. J.; FROIDMONT-GÖRTZ, I. Interlaboratory studies of HPLC procedures for the analysis of carotenoids in foods. **Food Chemistry**, v.57, n.1, p.85-90, 1996.
- 10 SHEWFELT, R. L. What is quality?. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.197-200, 1999.
- 11 VANDERSLICE, J. T.; HIGGS, D. J.; HAYES, J. M.; BLOCK, G. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.3, p.105-118, 1990.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

BALSINI, I. D.

WASZCZYNSKYJ, N.

FREITAS, R. J. S.

1 REVISÃO DE LITERATURA

A Nutrição tem evoluído consideravelmente nos últimos cinquenta anos. De uma preocupação inicial com doenças causadas por deficiências de um único nutriente, atualmente ela envolve todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento, assim como manutenção da saúde e bem-estar do indivíduo.

A abordagem moderna oferece novas mudanças e oportunidades para a indústria de alimentos. A nutrição mudou o domínio da dietética, com produtos especiais para patologias, incluindo o mundo dos alimentos do dia-a-dia para pessoas com saúde normal; por isto, os nutrientes presentes em um alimento são para o consumidor um importante fator na escolha do alimento.

A crescente busca do consumidor por uma alimentação mais saudável, aliada às recentes descobertas sobre as propriedades anticancerígenas do brócolis, tem contribuído para o aumento do consumo desse vegetal (SEABRA et al., 2001). O brócolis tem se tornado popular como um vegetal fresco e é uma fonte significativa de compostos dietéticos biologicamente ativos (PLUMB et al., 1997).

Com a conservação da vitamina C, o brócolis torna-se um alimento mais rico nutricionalmente e de maior interesse para o consumidor, uma vez que estando essa vitamina preservada, os demais componentes também estão conservados e podem cumprir suas funções no organismo humano, auxiliando na nutrição, saúde e bem-estar das pessoas.

“Que seu alimento seja seu medicamento e que seu medicamento seja seu alimento” – Hipócrates.

1.1 VEGETAIS

Vegetais, como um grupo, são pobres em gordura e energia e relativamente pobres em proteínas, porém são ricos em carboidratos, principalmente fibras. Os vegetais proporcionam não somente uma variedade de textura e cor para as refeições, mas também freqüentemente completam a refeição com nutrientes, como fibras dietéticas e certas vitaminas e minerais (FAVELL, 1998). O aumento do consumo de frutas e vegetais tem sido associado com a proteção contra diversas doenças, incluindo cânceres e doenças cardiovasculares. Essa associação é freqüentemente atribuída a antioxidantes presentes nas frutas e vegetais, como vitamina C, vitamina E, carotenóides, licopenos e flavonóides, que previnem a ação dos radicais livres (TOIT, VOLSTEEDT e APOSTOLIDES, 2001). O potencial de micronutrientes, como vitamina C, vitamina E e carotenóides em diminuir o risco de condições que podem resultar em estresse oxidativo, tem despertado intensas pesquisas, aumentando o interesse em suplementos de micronutrientes e o consumo desses compostos (PAULO et al., 1999).

1.1.1 Perdas de vitaminas em vegetais

As mudanças no valor biológico dos alimentos ocorrem principalmente por remoção mecânica (descascamento e limpeza), lixiviação (lavagem, branqueamento, resfriamento e cozimento), perda por exsudação (descongelamento) e degradação química (cozimento, congelamento e oxidação) (BERNHARDT, TOCHHINI e PASCHOALINO, 1979). O ácido ascórbico parece ser o nutriente mais sensível ao tratamento pós-colheita, seguido dos carotenos totais nas inflorescências. Devido à sua labilidade, o ácido ascórbico freqüentemente pode ser usado como um indicador da qualidade de nutrientes em vegetais (BARTH e ZHUANG, 1996). Perdas de vitamina C

podem ocorrer devido a longos períodos de estocagem, altas temperaturas, baixa umidade relativa, danos físicos e injúrias (LEE e KADER, 2000).

Com frutas e vegetais, muitas mudanças que ocorrem durante a colheita interferem em suas características antioxidantes (LINDLEY, 1998). Muitos consumidores atribuem o valor nutricional de vegetais frescos como sendo superior ao processado, entretanto, o manuseio pós-colheita e transporte podem afetar seriamente o conteúdo de nutrientes (WU, PERRY e KLEIN, 1992). O brócolis (*Brassica oleracea* var. *Italica*) tem recentemente se tornado mais popular como um componente da dieta humana de alto valor nutricional (LEJA et al., 2001).

Sabe-se que o conteúdo de nutrientes dos alimentos varia de amostra para amostra, de fonte para fonte, mas raramente esses dados têm sido reportados na literatura (VANDERSLICE et al., 1990). Além disso, o conteúdo e retenção de nutrientes em alimentos minimamente processados também são escassos (LINDLEY, 1998).

Trabalhos que trazem dados sobre a retenção do ácido ascórbico durante o armazenamento demonstraram resultados diferentes como pode ser observado na Tabela 01:

TABELA 01 - Perdas de vitamina C durante o período de armazenamento sob diferentes condições de tempo e temperatura em vegetais.

Armazenamento	Perda de vitamina C	Autores
Temperatura ambiente		
2 dias	50 a 70 %	BERNHARDT, TOCHHINI e PASCHOALINO (1979)
7 dias	56%	FAVELL (1998)
14 dias	72%	FAVELL (1998)
Sob refrigeração		
3 dias	58%	WU et al. (1992)
21 dias	20%	FAVELL (1998)
Congelamento		
14 dias (- 40° C)	0%	VANDERSLICE et al.(1990)
112 dias (- 20° C)	0%	WU et al. (1992)

As perdas de vitamina C durante o armazenamento, conforme a Tabela 01, ocorrem principalmente quando os vegetais permanecem em temperatura ambiente. No armazenamento sob refrigeração, a retenção de vitamina C é boa e no congelamento os valores iniciais são mantidos. No processo de congelamento, os vegetais são branqueados, isto é, são expostos à água em ebulição com o propósito de inativar enzimas que prejudicam a conservação, ocorrendo perdas consideráveis de vitamina C. Nesta etapa, baixa exposição a altas temperaturas é menos prejudicial (MARKS, 1975).

Como o brócolis possui altos índices de respiração e transpiração e uma curta vida de prateleira, o branqueamento é o primeiro passo para a conservação de seus constituintes. Apesar de sua vantagem de preservação, incluindo excelente estabilidade da cor, ótima textura e eliminação de substâncias indesejáveis, o branqueamento faz com que ocorra degradação de nutrientes, particularmente vitaminas. O tempo e temperatura do branqueamento inativam enzimas particulares, entretanto, super branqueamento pode resultar em indesejável perda de cor, sabor, textura e qualidade

de nutrientes, requerendo ainda excessivo uso de energia e água (MURCIA, LÓPEZ-AYERRA e GARCIA-CARMONA, 1999; NEGI e ROY, 2000).

Em geral, a satisfação do consumidor está ligada com a qualidade do produto, que pode ser vista como a ausência de defeitos ou um grau de excelência, podendo estar relacionada com qualidade nutricional (SHEWFELT, 1999). Devido à grande variedade de métodos de cocção e tempos utilizados, o estágio de cocção não é incluído nos trabalhos havendo poucas pesquisas sobre a qualidade nutricional dos vegetais após processamento (FAVELL, 1998).

O cozimento é freqüentemente responsável por grandes perdas de vitamina C, e a extensão da perda depende da variação dos métodos de cocção e períodos de exposição. Vegetais preparados em microondas e vapor tem demonstrado maior retenção de vitamina C quando comparados com os preparados em água em ebulição (LEE e KADER, 2000).

Assim como os dados sobre perdas no armazenamento são diferentes, o mesmo acontece com o branqueamento. Na literatura encontram-se valores diferentes de perda de vitamina C do brócolis durante o branqueamento como pode ser visto na Tabela 02:

TABELA 02 - Perda de vitamina C do brócolis submetido a diferentes tratamentos térmicos.

Perda de Vitamina C	Autores
Branqueamento	
12 a 50%	BERNHARDT, TOCHHINI e PASCHOALINO (1979)
48%	HERRMANN (1994)
40%	WU et al. (1992)
Água em ebulição	
55%	HERRMANN (1994)
40%	LEE e KADER (2000)
Em vapor	
11%	HERRMANN (1994)
30%	LEE e KADER (2000)

Todas as mudanças verificadas no armazenamento de alimentos são sempre creditadas ao binário - tempo e temperatura -, também conhecido como histórico da temperatura, e é desses dois fatores aliados à qualidade da matéria-prima que dependerá a qualidade do produto final. No congelamento e armazenamento adequados de brócolis, pode-se obter como produto final um alimento que pouco difere em valor nutritivo do alimento fresco, apresentando normalmente menores perdas do que na esterilização (BERNHARDT, TOCHHINI e PASCHOALINO, 1979).

A embalagem também influencia na qualidade dos alimentos. A aplicação de filme polimérico nos vegetais impede a perda de ácido ascórbico em temperatura ambiente. O empacotamento adequado do brócolis propicia melhor retenção de ácido ascórbico, resultando em melhor conteúdo de vitamina C para o consumidor e maior retenção de

clorofila, contribuindo para sua aparência com uma cor mais verde (BARTH et al., 1993; LEJA et al., 2001).

1.2 BRÓCOLIS

As diversas espécies de crucíferas estão distribuídas no mundo inteiro entre as mais importantes verduras. Na Alemanha, dados estatísticos existentes revelam que mais ou menos a metade de todas as verduras colhidas são crucíferas. Elas descendem, a não ser a couve-da-china, da mesma planta silvestre, a *Brassica oleracea*. As espécies derivadas da planta-mãe, *Brassica oleracea*, são: repolho, repolho roxo, couve, couve-flor, brócolis e nabo. (HERRMANN, 1994).

Pode-se observar nas Tabelas 03, 04, 05 e 06 as diferenças da quantidade dos componentes das crucíferas.

TABELA 03 – Composição química geral e espécies de crucíferas cruas em g/100g da parte comestível.

Vegetal	Água	Proteína	Gordura	Carboidrato	Cinzas	Literatura
Couve	86,30	4,30	0,90	2,97	1,70	(1)
	88,4	3,4	1,6	1,4		(2)
	84,46	3,30	0,70		1,53	(3)
Repolho	92,10	1,37	0,20	4,57	0,59	(1)
	90,7	1,4	0,2	5,0		(2)
	92,52	1,21	0,18		0,72	(3)
Repolho roxo	91,80	1,50	0,18	3,52	0,67	(1)
	91,55	1,39	0,26		0,68	(3)
Couve-flor	91,60	2,46	0,28	2,54	0,82	(1)
	88,4	3,6	0,9	3,0		(2)
	92,26	1,99	0,18		0,66	(3)
Brócolis	89,70	3,30	0,20	2,82	1,10	(1)
	88,2	4,4	0,9	1,8		(2)
	90,69	2,98	0,35		0,92	(3)
Nabo	91,60	1,94	0,10	3,85	0,95	(1)
	91,00	1,70	0,10		1,00	(3)

Fonte: HERMANN (1994)

Nota: (1) – Tabela alemã; (2) – Tabela inglesa e (3) – Tabela americana.

TABELA 04 – Conteúdo das principais vitaminas nas crucíferas cruas em mg/100 g de parte comestível.

Crucíferas	Couve			Repolho			Repolho Roxo	
Literatura	1	2	3	1	2	3	1	3
Tiamina (B1)	0,1	0,08	0,11	0,048	0,12	0,05	0,068	0,05
Riboflavina (B2)	0,25	0,09	0,13	0,043	0,01	0,03	0,05	0,03
Niacina	2,1	1	1	0,32	0,3	0,3	0,43	0,3
Ácido Pantotênico		0,09	0,091	0,26	0,21	0,140	0,32	0,324
Vitamina B6	0,25	0,26	0,271	0,11	0,18	0,095	0,15	0,21
Ácido Fólico	0,06	0,12	0,029	0,079	0,034	0,057	0,035	0,021
Vitamina C	105	110	120	45,8	35	47,3	50	57

Crucíferas	Couve-flor			Brócolis			Nabo	
Literatura	1	2	3	1	2	3	1	3
Tiamina (B1)	0,11	0,17	0,076	0,095	0,1	0,065	0,048	0,05
Riboflavina (B2)	0,1	0,05	0,057	0,21	0,06	0,119	0,046	0,02
Niacina	0,6	0,6	0,633	1	0,9	0,638	1,18	0,4
Ácido Pantotênico	1,01	0,6	0,141	1,29		0,535	0,1	0,165
Vitamina B6	0,2	0,28	0,231	0,17	0,14	0,159	0,12	0,15
Ácido Fólico	0,06	0,066	0,066	0,033	0,09	0,071		
Vitamina C	73	43	71,5	114	87	93,2	63,3	62

Fonte: HERMANN (1994)

Nota: (1) – Tabela alemã; (2) – Tabela inglesa e (3) – Tabela americana.

TABELA 05 – Conteúdo de caroteno, tocoferol e ascorbato em espécies de *Brassica oleracea* em mg/100g do vegetal fresco.

	α -caroteno	β -caroteno	α -tocoferol	γ -tocoferol	Ascorbato
Brócolis	0,03	0,89	1,62	0,13	74,71
Couve-flor	ND	0,07	0,17	0,06	41,98
Couve-de-bruxelas	0,01	0,90	0,83	0,04	ND
Repolho	0,002	0,08	0,17	0,005	27,32

Fonte: KURILICH et al. (1999)

Na Tabela 06 pode-se verificar os diferentes valores encontrados na composição do brócolis em diferentes literaturas. Estas diferenças podem estar relacionadas com as distintas espécies de brócolis estudadas (que não são citadas), época de colheita, armazenamento e conservação, entre outros fatores.

TABELA 06 – Composição do brócolis conforme diferentes literaturas

Nutrientes	Quantidade	Literatura
Água (%)	89,70	HERRMANN (1994)
	92,10	LUENGO et al. (2000)
Fibra (%)	3,5	LUENGO et al. (2000)
Calorias (kcal/100g)	36,0	PINHEIRO et al. (1996)
	37,0	LUENGO et al. (2000)
Proteína (g/100g)	3,30	HERRMANN (1994)
	2,95	PINHEIRO et al. (1996)
Gordura (g/100g)	0,20	HERRMANN (1994)
	0,28	PINHEIRO et al. (1996)
Carboidrato (g/100g)	2,82	HERRMANN (1994)
	5,54	PINHEIRO et al. (1996)
Cinzas (%)	1,10	HERRMANN (1994)
Vitamina C (mg/100g)	114	HERRMANN (1994)
	62,77	PINHEIRO et al. (1996)
	80,0	LUENGO et al. (2000)
	75,0	HUSSEIN et al. (2000)
Retinol (µg/100g)	13,71*	PINHEIRO et al. (1996)
	425,12**	PINHEIRO et al. (1996)
	1500	LUENGO et al. (2000)
β-caroteno (mg/100g)	0,89	KURILICH et al. (1999)
	0,95	HUSSEIN et al. (2000)
Vitamina B1 – tiamina (mg/100g)	0,095	HERRMANN (1994)
	0,08	LUENGO et al. (2000)
Vitamina B2 – riboflavina (mg/100g)	0,21	HERRMANN (1994)
	0,2	LUENGO et al. (2000)
Vitamina B5 – niacina (mg/100g)	1,0	HERRMANN (1994)
	0,75	LUENGO et al. (2000)
Ácido pantotênico (mg/100g)	1,29	HERRMANN (1994)
Vitamina B6 (mg/100g)	0,17	HERRMANN (1994)
Ácido fólico (mg/100g)	0,033	HERRMANN (1994)
Cálcio (mg/100g)	105	HERRMANN (1994)
	113,85	PINHEIRO et al. (1996)
	513,0	LUENGO et al. (2000)
Ferro (mg/100g)	1,3	HERRMANN (1994)
	1,14	PINHEIRO et al. (1996)
	2,6	LUENGO et al. (2000)
Cobre (mg/100g)	0,2	HERRMANN (1994)
	0,84	LUENGO et al. (2000)
Magnésio (mg/100g)	24,0	HERRMANN (1994)
	13,0	LUENGO et al. (2000)
Zinco (mg/100g)	0,94	HERRMANN (1994)
	5,3	LUENGO et al. (2000)
Potássio (mg/100g)	255,2	LUENGO et al. (2000)
Sódio (mg/100g)	13,0	HERRMANN (1994)
	41,70	LUENGO et al. (2000)
Fósforo (mg/100g)	82,0	HERRMANN (1994)
	59,0	LUENGO et al. (2000)

Nota: * Brócolis cozido e ** Brócolis refogado com 5 ml de óleo vegetal

Vegetais crucíferos do gênero *Brassica* contêm fitoquímicos que podem modular o processo de carcinogênese. Pesquisas recentes com o objetivo de identificar fitoquímicos específicos em vegetais já descobriram no brócolis diversos compostos bioativos, tais como *alilisotiocianato*, *ácido cinâmico*, *indole-3-acetonitrila*, *flavonol*, *ácido p-cumárico*, *ácido fítico*, *ácido sinápico*, *rutina*, *indola-3-carbino* e *sulforaphane* (NESTLE, 1997; LOTUFO, 1999). Existe uma associação inversa entre o consumo de brócolis e o menor risco de todos os tipos de cânceres (VANDERSLICE et al., 1990; VERHOEVEN et al., 1996; FERGUSON, 1997; FAULKNER, MITHEN e WILLIAMSON, 1998).

A importância do aumento do consumo de vegetais em geral - os *Brassica* em particular – já que são uma fonte de vitaminas antioxidantes, é que este grupo de alimentos fornece mais de 80% de caroteno, 50% da vitamina C e 25% do folato na dieta (NESTLE, 1997). O possível efeito anticarcinogênico da vitamina C, provavelmente envolve a sua habilidade de detoxificar ou bloquear os processos carcinogênicos através de sua ação antioxidante e ainda prevenir a formação de nitrosaminas cancerígenas reduzindo os nitratos. (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989; POPPEL e BREG, 1997; SAHYOUN, 1997). A ingestão de frutas e vegetais ricos em vitamina C tem sido associada com a redução no risco de incidência de alguns cânceres (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

1.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Segundo YOUNG e LOWE (2001), antioxidante pode ser definido como qualquer substância que quando presente em baixas concentrações comparada com substratos oxidativos, significativamente elimina ou previne a oxidação. O sistema de defesa antioxidante do corpo consiste de antioxidantes endógenos e exógenos que trabalham juntos, em nível molecular, para proteger as membranas celulares, lipoproteínas e DNA (ácido desoxiribonucleico) dos efeitos danosos dos radicais livres. Antioxidantes endógenos são enzimas e antioxidantes exógenos podem ser nutrientes ou não-nutrientes, que entram no corpo humano através de dieta (RAUMA e MYKKÄNEN, 2000).

Antioxidantes dietéticos podem ser divididos em três grupos baseados no mecanismo de sua ação: 1) vitaminas e pró-vitaminas, como vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferol) e β -caroteno, os quais reagem diretamente com radicais livres ou espécies reativas de oxigênio; 2) vitaminas que são coenzimas de enzimas regeneradas antioxidantes (como vitamina B₁, B₂, B₆, B₁₂ e niacina) e 3) minerais, que são componentes estruturais de enzimas antioxidantes (RAUMA e MYKKÄNEN, 2000).

Os maiores nutrientes antioxidantes são as vitaminas C e E, sendo frutas e vegetais as maiores fontes destas vitaminas. Antioxidantes não-nutrientes incluem os flavonóides, polifenóis e terpenos (LINDLEY, 1998). Uma dieta rica em flavonóides tem sido aceita como benéfica para a saúde e muitos deles reduzem o risco de doenças do coração (PLUMB et al, 1997). As principais fontes dietéticas de flavonóides incluem cebola, vinho, chá, brócolis e chocolate (OLIVEIRA e WATSON, 2001). O brócolis contém grandes quantidades de flavonóides *kaempferol* e *quercetin* e é uma boa fonte natural desses componentes (NIELSEN et al., 1997).

A vitamina C é conhecida como um nutriente essencial que previne diversas doenças. Entretanto, o crescimento da importância da vitamina C decorre de sua proteção potencial contra doenças crônicas da velhice, através de mecanismos antioxidantes (SAHYOUN, 1997; CARR e FREI, 2000).

O efeito protetor da vitamina C é atribuído à sua propriedade antioxidante, à sua ação como agente redutor de radicais livres e está presente em componentes do corpo humano solúveis em água. É considerada a primeira linha de defesa, pois neutraliza a superoxidação, o oxigênio singlete, o radical hidroxil e o ácido hipocloroso, bem como elimina diferentes espécies de oxigênio reativo. Mantém a membrana antioxidante tocoferol em seu estado reduzido e age como um cofator, contribuindo para a atividade de um número de enzimas por estabilizar os íons de metal prostéticos em seu estado reduzido (SAHYOUN, 1997; CONKLIN, 1998). O ácido ascórbico possui potente ação pró-oxidante na presença de metais de ferro, onde age como um agente redutor para provocar catálise para a reação de Fenton (GRIFFITHS e LUNEC, 2001).

De acordo com o FDA (Food and Drug Administration), feijões e brócolis, contêm β -caroteno e ácido ascórbico e são os dois vegetais mais comumente consumidos (WU, PERRY e KLEIN, 1992). Em estudos sobre a resposta da ingestão de vitamina C no sangue, utilizando fontes sintéticas e naturais, brócolis e suco de laranja são as principais fontes naturais de vitamina C (VANDERSLICE et al., 1990).

As principais fontes e funções de alguns componentes dos alimentos estão apresentados na Tabela 07.

TABELA 07 – Antioxidantes dietéticos, suas funções e benefícios para a saúde.

Antioxidante	Fontes	Função como antioxidante	Benefícios para a saúde
Vitamina C	Brócolis, repolho, outros vegetais verdes folhosos, pimentão, tomates, frutas cítricas, manga, mamão, banana, morango, melão	Hidrossolúvel antioxidante no plasma e citosol Regenera radicais tocoferol	Melhora resposta imune Previne CHD e anemia Diminui o risco de cânceres de estômago, boca, esôfago, pâncreas, e cervical
Vitamina E	Óleos vegetais, margarina, maionese, grãos, nozes, sementes, gérmen de trigo	Antioxidante lipofílico nas membranas celulares e no LDL Reage diretamente com radicais livres	Previne CHD Diminui o risco de cânceres de pulmão e cervical
β-caroteno	Cenoura, batata, abóbora, damasco, manga, espinafre, chicória	Inativa oxigênio singlete	Diminui o risco de CHD Diminui o risco de cânceres do pulmão, esôfago, estômago, colon, reto, mama e cervical
Zinco*	Carne, produtos diários, cereias e sementes	Componente estrutural de SOD citosol, inativa radicais super-óxidos no citosol e mitocôndria	
Cobre	Cereais, sementes, carne, produtos diários	Componente estrutural de SOD citosol	
Selênio**	Cereais, carne, peixe	Componente estrutural do GSHPx plasmático	Diminui o risco de câncer de pulmão

Fonte: RAUMA e MYKKÄNEN (2000)

* o zinco presente em alimentos vegetais difere do zinco presente no solo

** o selênio presente em alimentos vegetais difere do selênio presente no solo

CHD – Doença coronária

GSHPx – glutathione peroxidase

LDL – lipoproteína de baixa densidade

SOD – superoxide dismutase

1.4 ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)

A vitamina C é chamada de ácido ascórbico porque previne e cura o escorbuto, uma das mais antigas doenças humanas. A causa da doença não foi reconhecida até 1753, quando James Lind publicou seu famoso “Treatise of the scurvy”. Uma vez descoberto em 1928, o ácido ascórbico se tornou a principal área de pesquisa em muitos laboratórios. O número de publicações aumentou de 364 em 1969, para mais de 1160, em 1986 (MOSER e BENEDICH, 1991).

Há mais de dois séculos sabia-se que o escorbuto era doença causada pela falta de frutas frescas e vegetais na dieta humana. Os índios americanos evitavam e curavam essa doença pela ingestão de chá preparado com os folículos do pinho. Após a observação de que laranjas e limões podiam evitar o escorbuto, a Inglaterra, em 1804, quase que erradicou essa doença de sua marinha, dando diariamente suco de laranja ou limão aos seus marinheiros. Por esse motivo, os marinheiros ingleses possuem até hoje o apelido de “limas” (KOROLKOVAS e BURCKHALTER, 1982).

Na segunda década do século XX, a vitamina C foi isolada por Silva e colaboradores. Segundo MOSER e BENEDICH (1991), o cientista húngaro ALBERT SZENT-GYÖRGYI foi o primeiro a isolar o ácido hexurônico, com a fórmula empírica $C_6H_8O_6$; no mesmo tempo, KING E WAUGH encontraram um composto idêntico no suco de limão; pouco depois, HIRST E HAWORTH anunciaram a estrutura da vitamina C e sugeriram, juntamente com SZENT-GYÖRGYI, que o nome deveria mudar para ácido L-ascórbico; no mesmo ano, REICHSTEIN reportou a síntese de ácido D-ascórbico e L-ascórbico, que ainda forma a base para produção industrial em grande escala.

A vitamina C é, portanto, uma vitamina hidrossolúvel, também conhecida como ácido L-ascórbico, ácido anti-escorbútico, ácido hexurônico, ácido cevitânico, ácido L-xiloascórbico, ascorbil palmitato e ascorbil nicotinato (MERVYN, 1993). Mais de 90% da vitamina C da dieta humana é suprida com frutas e vegetais. O termo vitamina C deve

ser usado como descritor genérico para todos os compostos que apresentam atividade biológica de ácido ascórbico. O composto conhecido como vitamina C ou ácido L-ascórbico deve ser designado como ácido ascórbico. O composto conhecido como ácido L-dehidroascórbico deve ser designado como ácido dehidroascórbico. Ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico exercem a mesma atividade anti-escurbútica no homem (FERREIRA, 1983; GÖKMEN et al., 2000; LEE e KADER, 2000).

O ácido ascórbico, como já foi citado, é facilmente solúvel em água (30 g/100 ml aproximadamente), pouco solúvel em álcool, dificilmente solúvel em glicerina e insolúvel em éter e clorofórmio. Em soluções aquosas, sofre oxidação pelo oxigênio do ar ou por outros agentes oxidantes (ISLABÃO, 1987). Uma unidade internacional de vitamina C corresponde ao efeito de 50 µg de ácido L-ascórbico puro cristalizado (CARVALHO, 1988). É um carboidrato com seis átomos de carbono que existe nas formas estereoisométricas: um L-isômero e um D-isômero, com peso molecular: 176; ponto de fusão: 190-192 °C. Os isômeros podem ser reversivelmente oxidados em seus dehidroisômeros (MARGOLIS e SCHAPIRA, 1997). É uma substância lábil que rapidamente se oxida em ácido dehidroascórbico e finalmente em ácido dicetogluconico (DKG). Este último passo da oxidação é irreversível e é muito mais sensível à temperatura, do que à oxidação de ácido ascórbico (AA) em ácido dehidroascórbico (DHAA) (ESTEVE et al., 1997). O AA e DHAA são constituintes importantes em vários componentes dietéticos e conhecidos por serem substâncias antiescurbúticas quando ingeridas oralmente. No entanto, a ação ou atividade fisiológica em razão das propriedades químicas do DHAA, o torna mais eficaz que o AA na proteção da lipoproteína de baixa densidade contra a oxidação por íon cúprico (DEUSTCH, 2000).

A conversão de AA para DHAA pode parcialmente promover reações de redução e paradoxalmente oxidação de um sistema, pela geração de radicais livres. O radical livre ascorbato é reconhecido como sendo uma das maiores causas dos efeitos pró-oxidantes relacionados aos sistemas contendo AA/DHAA (DEUSTCH, 2000). *In vivo*, esse processo é realizado através de uma variedade de reações oxidativas

empregando-se glutathione, tendo NADH ou NADPH como redutores. Essa redução é importante para manter os níveis adequados de AA nas células. A rápida redução de DHAA para AA explica o efeito antiescorbútico do DHAA. O menor potencial antiescorbútico do DHAA quando comparado com AA pode ser explicado pela rápida hidrólise de DHAA em DKG. Em pH fisiológico, o DHAA é rapidamente hidrolisado em dicetoglucônico (DKG). Existem alguns dados que sugerem que essa hidrólise seja irreversível *in vivo*. Apesar de ambos, AA e DHAA, serem antiescorbúticos, o DKG não o é. Esses radicais livres podem ser usados na redução de compostos biológicos significantes (DEUSTCH, 2000). Na Figura 01 pode ser observada a degradação do ácido ascórbico.

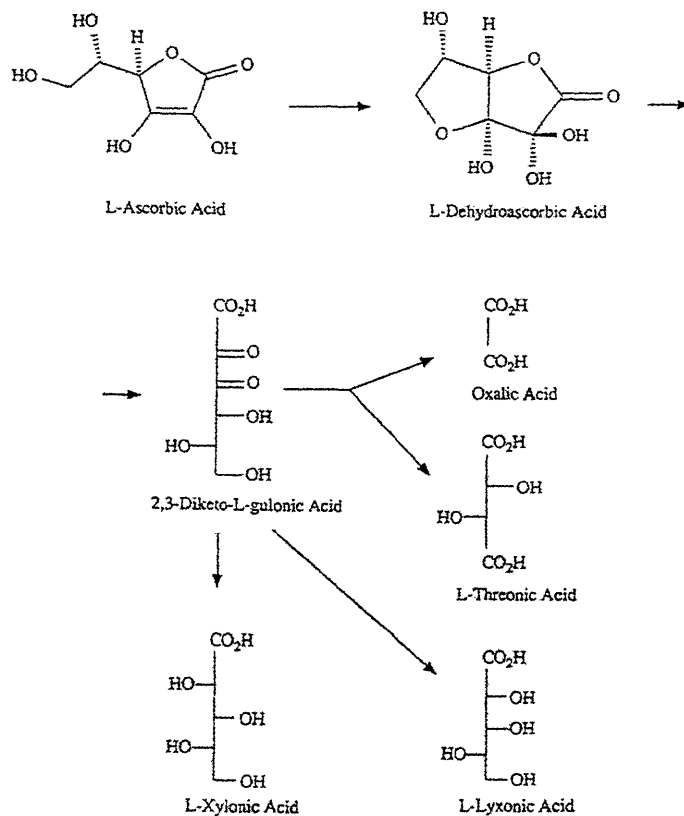


FIGURA 01 – Degradação do ácido ascórbico.

Fonte: MOSER e BENDICH (1991)

Humanos, primatas, porquinhos da Índia, alguns pássaros e peixes, como salmão, trutas e carpas são as únicas espécies que não podem sintetizar o ácido ascórbico devido a uma falha da enzima L-gulonogama-lactone oxidase. Uma possibilidade é que a natureza negou a síntese de ácido ascórbico a esses animais para conservar a glicose, o precursor do ácido ascórbico (MOSER e BENDICH, 1991). O fato da vitamina C não ser sintetizada por humanos pode afetar as funções dos leucócitos e macrófagos, resposta imune e reações alérgicas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). Na Figura 02 pode ser observada a biossíntese do ácido ascórbico nos animais.

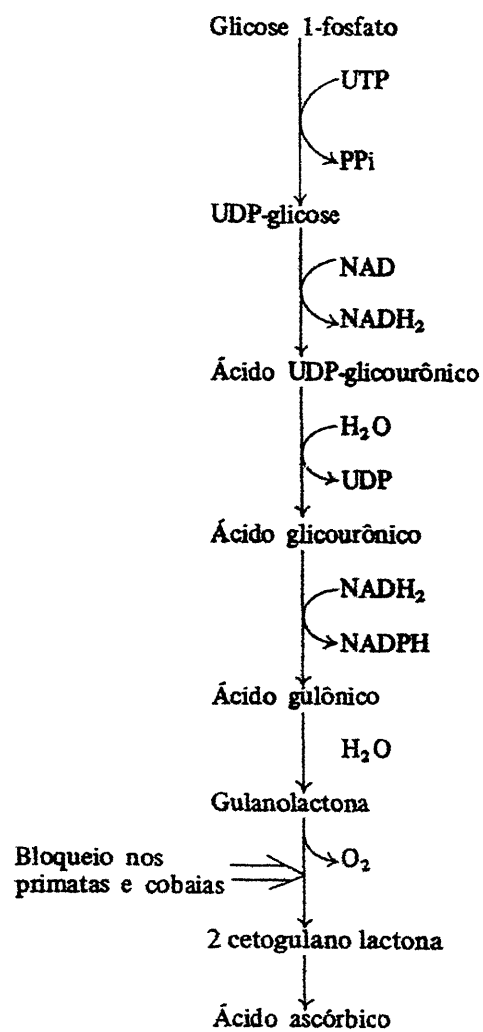


FIGURA 02 - Biossíntese do ácido ascórbico nos animais.

Fonte: ISLABÃO (1987)

1.4.1 Biodisponibilidade e recomendações de vitamina C

O ácido ascórbico é um componente abundante em plantas ocorrendo nos cloroplastos e em todos os compartimentos, incluindo a parede celular (SMIRNOFF e WHEELER, 2000). Vegetais e frutas como pimentão, brócolis, espinafre, tomate, batata, morango, laranjas e outras frutas cítricas, contêm altas concentrações de vitamina C; carne, peixe, frango e ovos contêm pouca quantidade e grãos não a contém (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). Em geral, vegetais crucíferos contêm mais AA do que vegetais não-crucíferos (LEE e KADER, 2000).

A quantidade de vitamina C em produtos naturais é influenciada por vários fatores, como tipo de solo, forma de cultivo, condições climáticas, procedimentos agrícolas para cultura e armazenamento (SOUZA FILHO et al., 1999). Durante o processamento, a vitamina C é suscetível as influências desfavoráveis pela ação da luz, altas temperaturas, meios alcalinos, contato com oxigênio, contato com frio e umidade do ar, etc. Além desses fatores, o volume de água de cocção também pode influenciar no teor de vitamina C, pois sendo a mesma hidrossolúvel, ela pode ser perdida na água de cocção (ORNELLAS, 1995).

A ingestão de vitaminas, calculada por tabelas padronizadas, é raramente acurada. O normal tem sido calcular os valores para alimentos crus e reduzir entre 10% e 25% de perdas. Há uma grande variação no percentual de vitaminas de alimentos crus, dependendo das condições de nutrição e crescimento, e essa flutuação é normalmente ignorada pelas tabelas. Análises químicas dão uma indicação do conteúdo total de vitaminas, mas não levam em conta o percentual de vitamina absorvível (MARKS, 1975).

A ingestão dietética de vitamina C deve ser consideravelmente mais baixa do que a quantidade calculada com a ingestão de alimentos, principalmente devido à sua

destruição causada por calor e contato com oxigênio e sua perda para a água de cocção (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

A biodisponibilidade do ácido ascórbico dietético depende da absorção no intestino delgado por um processo de transporte sódio dependente (GRIFFITHS e LUNEC, 2001). O armazenamento da vitamina C no homem adulto alcança o máximo de aproximadamente 3000mg através de ingestões diárias superiores a 200mg. Metade deste nível (1500 mg) é alcançado com ingestas inferiores em torno de 60 a 100 mg por dia (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

O ácido ascórbico e seus vários metabólitos são excretados principalmente pela urina. Com ingestas diárias superiores a 100 mg, o oxalato é o principal produto excretado. Quando grandes quantidades são ingeridas, o ácido ascórbico é excretado como ele mesmo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

Vegetarianos consomem entre 500 a 1200 g de frutas e vegetais frescos e conseqüentemente recebem uma abundância de vitamina C na sua dieta diária. Em todos os relatórios sobre dietas vegetarianas, o consumo dietético de vitamina C tem sido bem acima do recomendado, entre 198 a 973% da IDR (ingesta diária recomendada) (RAUMA e MYKKÄNEN, 2000). A IDR para vitamina C é 60 mg de acordo com o *US Food and Nutrition Board (1989)*. Entretanto, uma versão revisada da IDR sugere 120 mg de vitamina C para otimizar a redução de doenças crônicas como câncer e doenças cardiovasculares (TOIT, VOLSTEEDT e APOSTOLIDES, 2001). A quantidade mínima para humanos é defendida como 40-60 mg por dia para combater deficiência dietética. A quantidade de AA no corpo humano diminui com a idade e em fumantes, e está associada com doenças crônicas como reumatismo e artrose. Exposição aguda de fumantes passivos diminui o ácido ascórbico sérico e acelera eventos de peroxidase envolvidos nas doenças coronárias (VALKONEN e KUUSI, 1998). Esse fato reflete um aumento do estresse oxidativo nesses estados, e tem sugerido um aumento nos níveis dietéticos de ácido ascórbico para auxiliar na

recuperação do quadro clínico. Efeitos adversos incluem acidose metabólica, cálculos renais, doença renal tubular, distúrbios gastrointestinais, reações de sensibilidade, distúrbios de colesterol, destruição de vitamina B₁₂ e esterilidade (GRIFFITHS e LUNEC, 2001).

A recomendação dietética para vitamina C deve ser baseada entre a quantidade necessária para prevenir os sintomas do escorbuto (aproximadamente 10 mg/dia em adultos) e a quantidade em que a vitamina C não é retida no corpo, mas é excretada pela urina (aproximadamente 200 mg/dia). Desde que a vitamina C é pouco retida pelo organismo na ausência de ingestão continuada, a IDR foi tradicionalmente definida em um nível que previne os sintomas do escorbuto por várias semanas com uma dieta sem vitamina C (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

Estudos concluíram que os benefícios do consumo de altas doses de vitamina C são muito pequenos para justificar a recomendação de rotina de ingestão de grandes quantidades para toda a população (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). Entretanto, a IDR de vitamina C nos Estados Unidos e Canadá deve ser aumentada de 75 para 90 mg/dia para mulheres jovens, de acordo com pesquisas do *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases and Vanderbilt University, TN, USA* (VITAMIN C , 2001).

1.5 ANÁLISE DE VITAMINAS

De modo geral, os métodos analíticos devem ser reais e robustos para serem aplicados. Isto é, o material analisado deve ser estável durante o processo analítico; extrações e processos cromatográficos devem ser reproduzíveis; os resultados devem ser acurados; o detector deve ter um alto grau de seletividade para análise de interesse; cada análise deve ser livre de interferências significantes e o método deve ser livre de efeitos matriciais. Para a determinação de concentrações de vitaminas, é necessário demonstrar a acuidade do método, demonstrando que toda vitamina que

ocorre em uma espécie natural é totalmente extraída e medida (MARGOLIS e SCHAPIRA, 1997; SHARPLESS, MARGOLIS e THOMAS, 2000).

Nas últimas décadas, vários métodos têm sido reportados para a determinação de vitamina C nos alimentos ou fluidos biológicos, incluindo titulação, espectofotometria, fluorometria, voltametria, eletroforese, colorimetria, eletroquímica, medidas enzimáticas e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Muitos desses métodos, sem considerar a CLAE, que permite aumentar a especificidade e sensibilidade da medida, consomem muito tempo e podem ser superestimados, devido à presença de espécies oxidativas, exceto o ácido ascórbico, além de não dosarem o DHAA (VINCI, BOTRÊ e MELE, 1995; GÖKMEN et al, 2000). Os métodos colorimétricos demonstram algumas desvantagens, como a baixa sensibilidade e longo processo desde a extração até quantificação. Métodos eletroquímicos têm sido avaliados por muitos anos, mas apresentam baixa seletividade para serem usados como níveis-traços de vitaminas em complexos biológicos. O método visual da titulação é baseado na redução do corante 2,6-dichlorophenolindophenol pela solução ácida de AA (AOAC, 1990). No final, o excesso não reduzido da coloração é rosa pink na solução ácida. Esse método é aplicável para determinação de AA reduzido, porém, apresenta-se escuro na presença de agentes redutores (Fe^{++} , Cu^{++} , SO_2 , sulfito, e íons tiosulfatos) ou soluções coloridas, não sendo seguro (NISPEROS-CARRIEDO, BUSLIG e SHAW, 1992; VINCI, BOTRÊ e MELE, 1995).

Uma comparação das duas variantes do método de titulação Tillmans (mede somente AA) com o método CLAE (mede vitamina C total) foi feita em amostras de espinafre congeladas. Os resultados para as quatro amostras de espinafre mostraram boa concordância entre os métodos (diferença de $\leq \pm 3$ mg/100g), demonstrando performance satisfatória em ambos os métodos (FAVELL, 1998). Apenas poucas referências mencionam a análise direta e simultânea de AA e DHAA (ZAPATA e DUFOUR, 1992).

Sensibilidade é um problema importante para a medição direta de DHAA por CLAE utilizando sistemas detectores comuns como UV-Vis, pois o mesmo possui baixa absorção de UV (ZAPATA e DUFOUR, 1992; ESTEVE et al., 1997; GÖKMEN et al., 2000). O DHAA em solução absorve bem a luz a 185nm, mas é pouco absorvido a 220nm. É um contraste com o AA que é fortemente absorvido a 265nm (DEUSTCH, 2000). Para resolver o problema, alguns autores propõem a redução prévia de ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico, utilizando homocisteína ou dithiothreitol (DTT) (ESTEVE et al., 1997), onde usualmente o DHAA é determinado através da diferença entre o AA total, depois da redução do DHAA e o conteúdo de AA original da amostra (DEUSTCH, 2000; GÖKMEN et al., 2000).

Entre os métodos modernos de análise, a cromatografia ocupa um lugar de destaque devido à sua facilidade em efetuar a separação, identificação e quantificação das espécies químicas, por si mesma ou em conjunto com outras técnicas instrumentais de análise (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

1.6 ANÁLISE SENSORIAL

Análise sensorial é definida como uma área científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (MONTEIRO, 1984; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991; ABNT, 1993, FERREIRA, 2000).

Os indivíduos se utilizam dos seus sentidos para avaliar a qualidade de um produto pela integração da sensação das características sensoriais percebidas na cavidade bucal, inclusive o som unitário ao mastigar; resultando num julgamento final da aceitabilidade da fruta ou vegetal (ABBOTT, 1999). As características sensoriais do homem permitem comparar, diferenciar e qualificar os atributos sensoriais. A análise sensorial se utiliza dessa capacidade para avaliar os alimentos e bebidas, empregando

metodologia apropriada aos objetivos em estudo, com auxílio do tratamento estatístico aos dados obtidos (FERREIRA, 2000).

Segundo MEILGAARD, CIVILLE e CARR (1991), a tendência do homem é apreciar os atributos de um alimento na seguinte ordem: aparência, odor/aroma/fragrância, consistência, textura e sabor.

A aparência é freqüentemente o único atributo em que baseamos a nossa decisão de rejeitar ou não um alimento. Características gerais como a **cor**, envolve os componentes físicos e fisiológicos com relação à percepção do olho com o comprimento de onda da luz, que varia de 400 a 500 nm (azul), 500 a 600 nm (verde e amarelo) e de 600 a 800 nm (vermelho). A deterioração de alimentos é freqüentemente acompanhada de mudança na cor; **tamanho** e **forma** podem também ser indicadores de defeitos assim como **textura da superfície** e **claridade** (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991). Os principais problemas em termos de redução na qualidade do brócolis são o amarelamento das inflorescências, ou seja, a perda de cor verde, o amolecimento dos tecidos e o aparecimento de odores indesejáveis (SEABRA et al., 2001, FUNAMOTO et al, 2002). A aparência, portanto, tem sido o primeiro fator no julgamento da qualidade de frutas e vegetais (ABBOTT, 1999).

Odor/aroma de um produto é detectado quando compostos voláteis são percebidos na cavidade nasal e pelo sistema olfativo externo. Aroma é o odor de um produto alimentício. A quantidade de voláteis exalados de um produto é afetada pela temperatura e pela natureza desses compostos, pela condição da superfície, como por exemplo: maior quantidade de voláteis escapam de uma superfície porosa e úmida do que de uma dura e seca (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991).

Sabor em alimentos e bebidas tem sido definido como a impressão percebida através de sensações químicas de um produto na boca. Sabor inclui: os aromas, os gostos e as sensações químicas (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991).

Textura pode ser denominada como **viscosidade** específica para líquidos homogêneos Newtonianos; **consistência** para líquidos e semi-sólidos não-Newtonianos e heterogêneos, e **textura** para sólidos e semi-sólidos. Textura pode ser definida como a manifestação sensorial da estrutura de um produto (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991). Segundo a ABNT (1993), foi definida como todas as propriedades reológicas e estruturais de um alimento perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis, e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos. Texturas de crocância são particularmente importantes em frutas e vegetais, pois o consumidor associa as mesmas com produto fresco. Textura também pode ser definida como sendo a estrutura do alimento e como se sente o alimento na cavidade bucal, na manipulação e durante a mastigação. O som percebido ao morder é um fator importante para a crocância (FILLION e KILCAST, 2002).

Em geral, pesquisas sobre textura estão relacionadas com as propriedades mecânicas do alimento durante a mastigabilidade. Entretanto, o que é necessário é a integração entre as propriedades de textura visuais e as propriedades geométricas e térmicas do alimento (KILCAST, 2002). Textura é um atributo sensorial medido por indivíduos ou por instrumentos específicos para expressar propriedades físicas (BOURNE, 2002). Os julgadores devem ser treinados para perceber e avaliar alimentos e bebidas de acordo com as escalas específicas, visto que a textura não está relacionada com gostar ou não do alimento, somente está relacionada com a aceitação ou rejeição do mesmo (MOSKOWITZ, 2002).

Os julgadores que participam de testes discriminativos simples devem apresentar habilidade suficiente para perceber e distinguir diferenças entre as amostras, considerando determinado atributo, como por exemplo a cor do produto, sendo necessário um aprendizado técnico-prático e treinamento com a metodologia a ser empregada com o próprio produto (PERALTA, HUPAYA e MOLINA, 1999).

O julgador deve possuir boa saúde, apetite, integridade, concentração, sensibilidade média, curiosidade intelectual, capacidade de reproduzir resultados e boa vontade (MONTEIRO, 1984).

Os instrumentos da análise sensorial são os sentidos; a palavra *sensus* provém do latim e significa “sentido”. A análise sensorial é uma técnica de medição tão importante quanto os métodos físicos, químicos e microbiológicos. Sendo fundamental na estatística, filosofia, psicologia e outros ramos da ciência, tem rigor científico associado à experimentação. A análise sensorial desempenha um papel importante em todos os aspectos da Ciência e Tecnologia de Alimentos (WASZCZYNSKYJ, 1997). Também é usada para a determinação da qualidade (NATALE et al., 1998).

A qualidade dos alimentos envolve os atributos sensoriais que são rapidamente percebidos pelos sentidos humanos, a segurança e a nutrição, estes dois últimos requerem instrumentos sofisticados para serem medidos (SHEWFELT, 1999). Nas características sensoriais são avaliados a aparência, textura, gosto e aroma; nos demais deve-se levar em conta valores nutritivos, constituintes químicos, propriedades mecânicas, propriedades funcionais e defeitos para atribuir a qualidade do produto. Foi sugerido por ABBOTT (1999) que a combinação de características de um produto deve ser denominado qualidade, a percepção do consumidor e a resposta a estas características, denominado como aceitabilidade.

Qualidade sensorial é ainda mais difícil de se definir pois está ligada não somente às propriedades ou características dos alimentos, mas também com o resultado de uma interação entre o alimento e o consumidor. A avaliação sensorial é considerada uma disciplina recente quando comparada com a análise química e microbiológica (COSTELL, 2002).

Freqüentemente é difícil identificar e descrever pequenas diferenças entre produtos com nível de qualidade próximos e estabelecer a relação entre a resposta

sensorial e o prazer associado com o alimento. Essa é a contribuição mais importante e prática que a ciência da análise sensorial pode trazer para o estudo da caracterização e aceitabilidade de um alimento (COSTELL, 2002).

Ainda segundo COSTELL (2002), a escolha do método sensorial difere em cada caso particular e em função disto sugere os seguintes critérios que podem ser seguidos:

- objetivo do programa de controle de qualidade;
- tipo de padrão previamente estabelecido;
- variedade perceptiva de um produto a ser definido por atributos sensoriais específicos e quais os atributos necessários para tanto;
- a magnitude da variabilidade perceptiva que deve ser detectada;
- níveis de qualidade que devem ser assumidos.

1.6.1 Métodos Descritivos

A aplicação de métodos descritivos na indústria de alimentos tem sido utilizada para obter respostas quanto às diferenças e similaridades entre produtos competitivos ou ainda usada para avaliar alterações no perfil sensorial de um produto em função do tempo e condições de armazenamento, tipo de embalagem e das variações na formulação e processamento (STONE et al., 1980).

Entre os métodos descritivos, o mais utilizado vem sendo a Análise Descritiva Quantitativa – ADQ, que se fundamenta na seleção cuidadosa do julgador, no treinamento criterioso do mesmo para detectar e medir características sensoriais através de uma escala linear contínua não estruturada. As características básicas da ADQ, segundo STONE et al. (1980) são: (a) avaliação de todas as características sensoriais dos produtos relacionadas à aparência, aroma, sabor e textura; (b) oferece procedimentos para avaliar o desempenho individual de cada julgador e da equipe; (c) utiliza de seis a dez provadores por teste; (d) não utiliza exclusivamente *expert*; (e) é

aplicada a todo e qualquer produto industrial; (f) desenvolve linguagem descritiva de fácil compreensão e livre da influência do líder sensorial; (g) tem um procedimento de checagem da linguagem; (h) desenvolve um sistema de apresentar dados, utilizando diagramas para os produtos conhecidos como *gráfico aranha spider-web*.

A ADQ é aplicada para controle da qualidade, estudo da estabilidade do produto durante armazenamento, caracterização de diferença entre produtos, entre outros (ABNT, 1998). Esse teste apresenta como vantagem fornecer um perfil sensorial completo e ainda permite que os dados obtidos recebam um tratamento estatístico (análise de variância - ANOVA) que analisa a variação entre amostras e possibilita ao pesquisador estabelecer diferenças entre as amostras em uma categoria de produto (STONE et al., 1980).

REFERÊNCIAS

1. ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.207-225, 1999.
2. ABNT – Análise sensorial – Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ). Alimentos e bebidas: NBR 14140. Rio de Janeiro. 5p. 1998.
3. ABNT – **Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. Terminologia: NBR 12806. Rio de Janeiro. 8p. 1993.
4. AOAC. Official Methods of Analysis. **Vitamins and other nutrients: 967.21 - vitamin C**. 15. ed. Association of Official Analytical Chemists: Virginia, 1990. p.1058-1059.
5. BARTH, M. M.; KERBEL, E. L.; PERRY, A. K.; SCHIMIDT, S. J. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. **Journal of Food Science**, v.58, n.1, p.140-143, 1993.
6. BARTH, M. M.; ZHUANG, H. Packing design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.141-150, 1996.
7. BERNHARDT, L. W.; TOCHHINI, R. P.; PASCHOALINO, J. E. Mudanças que ocorrem durante o armazenamento de frutas e hortaliças congeladas. **Boletim ITAL**, Campinas, v.16, n.1, p.9-34, 1979.

8. BOURNE, M. in Food texture: perception and measurement. Report of na international workshop held at conference center “De Wageningse Berg” Wageningen, The Netherlands, 28 November – 1 December 1999. **Food quality and Preference** Report of the Discussion Session II, v. 13, n.4, p.237-255, junho, 2002.
9. CARR, A. C.; FREI, B. Toward a new recomendated dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. **The Linus Pauling Institute**. Disponível em <<http://osu.orst.edu/dept/lip/index.html>> Acesso em 17 dez. 2000.
10. CARVALHO, P.; R.; N. Vitamina C in CARVALHO, P.; R.; N. **Análises de vitaminas em alimentos (manual técnico)**. 1. ed. Campinas, 1988.
11. COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed. editora da Unicamp, Campinas, SP, 1997.
12. CONKLIN, P. L. Vitamin C: a new pathway for an old antioxidant. **Trends in Plant Science**, v.3, n.9, p.329-330, 1998.
13. COSTELL, E. A comparison of sensory methods in quality control. **Food Quality and Preference**, v.13, n.6, p.341-353, setembro, 2002.
14. DEUSTCH, J. C. Dehydroascorbic Acid. **Journal of Chromatography A**, v.811, p.299-307, 2000.

15. ESTEVE, M. J.; FARRÉ, R.; FRIGOLA, A.; GRACIA-CANTABELLA, J. M. Determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in blood plasma and serum by liquid chromatography. **Journal of Chromatography B**, v.688, p.345-349, 1997.
16. FAULKNER, K.; MITHEN, R.; WILLIAMSON, G. Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. **Carcinogenesis**, v.19, n.4, p.605-609, 1998.
17. FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.59-64, 1998.
18. FERGUSON, L. R. Micronutrients, dietary questionnaires and cancer. **Biomed & Pharmacother**, v.51, p.337-344, 1997.
19. FERREIRA, F.; A.; G. Vitamina C in FERREIRA, F.; A.; G. **Nutrição Humana**. 1.Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983. p. 551 – 590.
20. FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas, S. P.: SBCTA 2000, 2000. 127p. (Manual: Série Qualidade)
21. FILLION, L.; KILCAST, D. Consumer perception of crispness and crunchiness in fruits and vegetables. **Food Quality and Preference**, v.13, p.23-29, 2002.
22. FUNAMOTO, Y.; YAMAUCHI, N.; SHIGENAGA, T.; SHIGYO, M. Effects of heat on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p.163-170, 2002.

23. GÖKMEN, V.; KAHRAMAN, N.; DEMIR, N.; ACAR, J. Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. **Journal of Chromatography A**, v.881, p.309-316, 2000.
24. GRIFFITHS, H. R.; LUNEC, J. Ascorbic acid in the 21st century – more than a simple antioxidant. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.10, n.4, p.173-182, setembro, 2001.
25. HERRMANN, K. Inhaltsstoffe der Kohlrarten Teil I: Allgemeine chemische Zusammensetzung einschließlich der Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine. **Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung**, v.7, p.244-252, 1994.
26. HUSSEIN, A.; ODUMERU, J. A.; AYANBADEJO, T.; FAULKNER, H.; McNab, W. B.; HAGER, H.; SZIJARTO, L. Effects of processing and packaging on vitamin C and β -carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables. **Food Research International**, v.33, p.131-136, 2000.
27. ISLABÃO, N. Vitamina C in ISLABÃO, N. **Vitaminas Seu metabolismo no homem e nos animais domésticos**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987. p. 151-156.

28. KILCAST, D. in Food texture: perception and measurement. Report of an international workshop held at conference center "De Wageningse Berg" Wageningen, The Netherlands, 28 November – 1 December 1999. **Food quality and Preference** Report of the Discussion Session I, v. 13, n.4, p.237-255, junho, 2002.

29. KOROLKOVAS, A. BURCKHALTER, J; H. Vitaminas hidrossolúveis in KOROLKOVAS, A. BURCKHALTER, J; H. **Química farmacêutica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1982. p. 662-665.

30. KURILICH, A. C.; TSAU, G. J.; BROWN, A.; HOWARD, L.; KLEIN, B. P.; JEFFERY, E. H.; KUSHAD, M.; WALLING, M. A.; JUVIK, J. A. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p.1576-1581, 1999.

31. 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, novembro, 2000.

32. LEJA, M.; MARECZEK, A.; STARZYNSKA, A.; ROZEK, S. Antioxidant ability of broccoli flowers buds during short-term storage. **Food Chemistry**, v.72, n.2, p.219-222, 2001.

33. LINDLEY, M. G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, n.8-9, p.336-340, 1998.

34. LOTUFO, T. O poder dos alimentos. **Isto é**, n.1540, p.98-104, 1999.

35. LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000.
36. MARGOLIS, S. A.; SCHAPIRA, R. M.. Liquid chromatographic measurement of L-ascorbic acid and D-ascorbic acid in biological samples. **Journal of Chromatography B**, v.690, p.25-33, 1997.
37. MARKS, J. Vitamin losses in storage and preparation of food. in MARKS, J. **A guide to the vitamins – Their role in health and disease.** 1. ed. Great Britain: MTP, 1975. p. 175 – 186.
38. MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** Boca Raton. CRC Press. 394p. 1991.
39. MERVYN, L. Dicionário de vitaminas – Um guia completo das vitaminas e da vitaminoterapia. 2. ed. São Paulo: Ground, 1993. p. 49-51.
40. MONTEIRO, C. L. B. **Técnicas de avaliação sensorial.** 2. ed. Curitiba, CEPPA, Universidade Federal do Paraná, 1984. 100p.
41. MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin C in BENDICH, A.; MOSER, U. **Handbook of Vitamins.** 2. ed. Nova York: Dekker, 1991. p. 195-232.

42. MOSKOWITZ, H. in KILCAST, D. in Food texture: perception and measurement. Repot of na international workshop held at conference center "De Wageningse Berg" Wageningen, The Netherlands, 28 November – 1 December 1999. **Food quality and Preference** Report of the Discussion Session I, v. 13, n.4, p.237-255, junho, 2002.

43. MURCIA, M. A.; LÓPEZ-AYERRA, B.; GARCÍA-CARMONA, F. Effect of processing methods and different blanching times on broccoli: proximate composition and fatty acids. **Lebensm - Wiss. U - Technol**, v.32, p.238-243, 1999.

44. NATALE, C. D.; MACAGNANO, A.; PAOLESSE, R.; MANTINI, A.; TARIZZO, E.; D'AMICO, A.; SINESIO, F.; BUCARELLI, F. M.; MONETA, E.; QUAGLIA, G. B. Eletronic nose and sensorial analysis: comparison of performances in selected cases. **Sensors and Actuators B**, v.50, p.246-252, 1998.

45. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recomended Dietary Allownces**. 10.ed. Washington-DC: National Academy Press, 1989. 285p.

46. NEGI, P. S.; ROY, S. K. Effect of blanching and drying methods on β -carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables. **Lebensm-Wiss. U-Technol**, v.33, p.295-298, 2000.

47. NESTLE, M. Broccoli sprouts in cancer prevention. **Nutrition Reviews**, v.56, n.4 p.127-130, 1997.

48. NIELSEN, S. E.; KALL, M.; JUSTENSEN, U.; SCHOU,. A.; DRAGSTED, L. O. Human absortion and excretion of flavonoids after broccoli consumption. **Cancer Letters**, v.114, p.173-174, 1997.

49. NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BUSLIG, B. S.; SHAW, P. E. Simultaneous Detection of Dehydroascorbic, Ascorbic, and some organic acids in fruits and vegetables by HPLC. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.40, p.1127-1130, 1992.
50. OLIVEIRA, E. J.; WATSON, D. G. Chromatographic techniques for the determination of putative dietary anticancer compounds in biological fluids. **Journal of Chromatography B, Biomedical Sciences and Applications**, v.764, n.1-2, p.3-25, 25 de Novembro, 2001.
51. ORNELLAS, L. H. Técnica Dietética: seleção e preparo de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1995. 320p.
52. PAULO, M. G.; MARQUES, H. M. C.; MORAIS, J. A. G.; ALMEIDA, A. J. An isocratic LC method for the simultaneous determination of vitamins A, C, E and β -carotene. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.21, p.399-406, 1999.
53. PERALTA, M. O. U.; HUPAYA, M. D.; MOLINA, O. G. **Evaluacion sensorial de los alimentos**. Editorial Agraria. Primeira Edición. Lima. 1999.
54. PINHEIRO, A., B. V.; LACERDA, E. M. A.; BENZECRY, E. H.; GOMES, M. C. S.; COSTA, V. M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Produção Independente, 1996. 75p.
55. PLUMB, G. W.; PRICE, K. R.; RHODES, M. J. C.; WILLIAMSON, G. Antioxidants properties of the major polyphenolic compounds in broccoli. **Free Radical Research**, v.27, n.4, p.429-435, 1997.

56. POPPEL, van G.; BREG, van der H. Vitamins and cancer. **Cancer Letters**, v.114, p.195-202, 1997.
57. RAUMA, A. L.; MYKKÄNEN, H. Antioxidant status in vegetarians versus omnivores. **Nutrition**, v.16, n.2, fevereiro, 2000.
58. SAHYOUN, N. R. Vitamin C: what do we know and how much do we need?. **Nutrition**, v.13, n.9, p.835-836, 1997.
59. SEABRA, G. F. S.; DELIZA, R.; CENCI, S. A.; GOMES, C. A. O; GONÇALVES, E. B. Nota prévia – Efeito da temperatura e de diferentes atmosferas nas características sensoriais do brócolis minimamente processado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p.137-145, 2001.
60. SHARPLESS, K. E.; MARGOLIS, S.; THOMAS, J. B. Determination of vitamins in food-matrix standart reference materiais. **Journal of Chromatography A**, v.881, p.171-181, 2000.
61. SHEWFELT, R. L. What is quality?. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.197-200, 1999.
62. SMIRNOFF, N.; WHEELER, G. L. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. **Critical Reviews in Plant Science**, v.19, n.4, p.267-290, 2000.
63. SOUZA FILHO, M. F.; LIMA, J. R.; SOUZA, A. R. SOUZA NETO, M.A.; COSTA, M. C. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedículos de caju processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, 1999.

64. STONE et al, 1980 In: RODRIGUES, M. C. P. **Perfil sensorial e aceitação de cervejas comercializadas no mercado brasileiro – treinamento e monitoramento de julgadores**. Campinas, 2000. 196f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas.
65. TOIT, R. du.; VOLSTEEDT, Y.; APOSTOLIDES, Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. **Toxicology**, v.166, n.1-2, p.63-69, setembro, 2001.
66. VALKONEN, M.; KUUSI, T. Vitamin C prevents the arterogenic effects of passive smoking. **Pathophysiology**, v.5, suplemento 1, p.51, junho, 1998.
67. VANDERSLICE, J. T.; HIGGS, D. J.; HAYES, J. M.; BLOCK, G. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.3, p.105-118, 1990.
68. VERHOEVEN, D. T. H.; GOLDBOHN, R. A.; VAN POPPEL, G.; VETHAGEN, H.; VAN den BRANDT, P. A. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. **Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention**, v.5, n.9, p.733-748, 1996.
69. VINCI, G.; BOTRÊ, F.; MELE, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v.53, p.211-214, 1995.
70. VITAMIN C increase recommended for women. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v.12, n.8, p.340, outubro, 2001
71. WASZCZYNSKYJ, N. **Análise sensorial em alimentos e bebidas**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1997. 20p.(Apostila)

72. WU, Y.; PERRY, A. K.; KLEIN, B. P. Vitamin C and β -carotene in fresh and frozen green beans and broccoli in a simulated system. **Journal of Food Quality**, v.15, p.87-96, 1992.
73. YOUNG, A. J.; LOWE, G. M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.385, n.1, p. 20-27, janeiro, 2001.
74. ZAPATA, S.; DUFOUR, J. P. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. **Journal of Food Science**, v.57, n.2, p.506-511, 1992.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE SENSORIAL DE BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

BALSINI, I.D.

WASZCZYNSKYJ, N.

FREITAS, R. J. S.

RESUMO

Por meio da seleção de processos de cocção para o brócolis híbrido Asgrow (espécie *Brócolos*, variedade *Sabre*, Híbrido) é possível obter um produto final com boa aceitabilidade e com suas propriedades sensoriais preservadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características sensoriais do brócolis processado em diferentes condições de cozimento. Para isso foram avaliadas as propriedades sensoriais (aparência, cor, aroma, sabor e textura) para o brócolis após cocção em vapor (3, 5 e 7 minutos), em água em ebulição (1, 3 e 5 minutos) e em microondas (30 segundos, 1 e 2 minutos). Para os testes sensoriais foi adotado teste de análise descritiva qualitativa (ADQ) desenvolvido especificamente para o brócolis. Utilizando os métodos de cocção nos tempos propostos, não houve diferença significativa para os atributos aparência, cor, sabor e odor. Para a textura (fibrosidade e firmeza), existe diferença significativa ($p < 0,05$ e $p < 0,01$ respectivamente) entre os métodos de cocção utilizados, sendo que quanto maior o tempo de cocção, menor a firmeza do brócolis. Os brócolis mais firmes na água em ebulição (1 minuto) e no vapor (3 minutos), foram os preferidos pelos julgadores.

Palavras-chave: brócolis híbrido, análise sensorial, métodos de cocção.

1 INTRODUÇÃO

As pessoas procuram cada vez mais se alimentar de forma saudável, visando a prevenção de patologias. O aumento do consumo de frutas e vegetais freqüentemente é associado com a proteção contra diversas doenças devido a presença de fitoquímicos e substâncias antioxidantes nos mesmos. Além disso, os vegetais proporcionam uma variedade de textura para a refeição além de complementar a alimentação com vitaminas, minerais e fibras (FAVELL, 1998; TOIT, VOLSTEEDT e APOSTOLIDES, 2001).

Devido às recentes afirmações de que o brócolis possui propriedades anticancerígenas e é uma boa fonte de substâncias antioxidantes, esse vegetal tem se tornado muito popular ocorrendo um aumento da presença do brócolis na mesa do consumidor no dia-a-dia (BARTH e ZHUANG, 1996; PLUMB et al., 1997; SEABRA et al., 2001). Assim sendo, o brócolis deve ser preparado visando a aceitação do consumidor, que utiliza seus sentidos (visão, olfato, gosto, tato e audição) para avaliar sensorialmente a qualidade do mesmo (MONTEIRO, 1984; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1991; ABNT, 1993; FERREIRA, 2000).

Os sentidos são usados para perceber as características sensoriais de um produto, que são percebidas principalmente na cavidade bucal, sendo que sua resposta é a aceitabilidade do produto (ABBOTT, 1999).

Portanto, é importante a pesquisa do método de cocção mais adequado para que o brócolis preserve melhor as propriedades sensoriais no produto final, com boa aceitabilidade.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar as características sensoriais (aparência, cor, aroma, sabor e textura) do brócolis após cocção na água em ebulição, em vapor e em microondas em diferentes tempos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Para este trabalho foi utilizado como amostra o *Brócolos Híbrido Asgrow* (espécie *Brócolos*, Variedade *Sabre*, *Híbrido*), plantado na Fazenda da UFPR a fim de reduzir possíveis erros relacionados com o dia da colheita, diferença de solo, colheita mecânica - fatores que poderiam modificar o conteúdo de vitaminas do brócolis.

2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO

Neste trabalho, o brócolis foi processado utilizando-se três métodos de cocção: cocção em vapor, água em ebulição e microondas. Em todos os métodos foram utilizados 100 gramas de brócolis a cada preparo.

Para a cocção em vapor foi utilizado um cesto perfurado de aço inoxidável – ILKO, específico para cocção de alimentos em vapor, colocado num recipiente com água em ebulição suficiente para formar vapor e cozinhar o brócolis dentro do cesto. Durante a cocção o recipiente permaneceu fechado.

Para a cocção na água em ebulição, foi utilizado um recipiente de aço inoxidável com água suficiente para cobrir o brócolis. O mesmo permaneceu fechado durante a cocção.

Para a cocção em microondas, foi utilizado o microondas *Panasonic Píccolo*, na potência máxima e recipiente especial para cozimento em microondas da Cozimas MicroWell – *Microwell Ind. e Com. Ltda.*, composto por corpo, cesta e tampa.

Os tempos de cocção foram definidos com base no trabalho de BALSINI, WASZCZYNSKYJ e MONTEIRO (2001), no qual o brócolis híbrido foi cozido em água em ebulição por 10 minutos (designado brócolis cozido) e por 3 minutos (designado brócolis “ao dente”). Foram avaliados sensorialmente os atributos de aparência, cor, textura, sabor e odor para o brócolis cozido, “ao dente” e cru. O brócolis cozido foi pouco aceito pelos julgadores por sua perda de textura, ser pouco firme e sem crocância, recebendo menores notas que o produto consumido cru. O brócolis “ao dente” obteve melhor aceitação entre as três apresentações. Baseado nesta análise, os tempos de cocção para o presente trabalho foram definidos para que o brócolis apresentasse boa aparência, cor textura, sabor e odor agradáveis e principalmente firmeza, atributos essenciais para a aceitação do produto. Para se obter um produto final com semelhança sensorial em cada método de cocção, foram estabelecidos tempos diferentes de cocção definidos em:

- cocção em vapor por 3, 5 e 7 minutos;
- cocção na água em ebulição por 1, 3 e 5 minutos;
- cocção em microondas por 30 segundos, 1 e 2 minutos.

Em todos os métodos de cocção, após os tempos estabelecidos, o brócolis foi acondicionado em sacos plásticos e resfriado em banho de gelo para interromper o cozimento, havendo assim um maior controle do real tempo em que o brócolis ficou em contato com o calor.

2.3 ANÁLISE SENSORIAL DO BRÓCOLIS

2.3.1 Recrutamento e seleção dos julgadores

Os questionários de recrutamento (Anexo 01) foram distribuídos na Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico – Usinas Piloto A e B, convidando a comunidade universitária a participar de uma análise sensorial de brócolis (Anexo 02).

2.3.2 Análise descritiva quantitativa

Para os testes sensoriais procurou-se adotar um método que pudesse descrever as características do produto. O mais apropriado para o produto em questão foi o teste de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (ABNT, 1998), por permitir caracterização de diferenças entre as amostras e também ser muito aplicado para o controle de qualidade. Nesse teste foi utilizado uma escala não estruturada de 9 cm para quantificar cada atributo sensorial. O teste recomenda que se deve apresentar amostras representativas dos extremos da escala para cada atributo sensorial.

Para a avaliação das amostras de brócolis, foram servidas a cada provador, uma porção uniforme que tivesse todas as partes do brócolis (caule e flor) em pratos descartáveis. As amostras foram codificadas com números de três dígitos casualizados e avaliadas utilizando-se escala não estruturada (Anexo 03) e descritores (Tabela 01). Biscoitos “água e sal” e água em temperatura ambiente para enxágüe da boca foram oferecidos aos provadores com as amostras. Os provadores avaliaram as amostras de brócolis submetidas aos diferentes métodos de cocção conforme descrito no item 2.2, tendo como acompanhamento sempre o produto cru. Todas as amostras foram servidas em temperatura ambiente.

O desenvolvimento da Análise Descritiva Quantitativa do brócolis compreendeu as seguintes etapas: recrutamento e seleção inicial dos provadores;

familiarização dos provadores com as amostras de brócolis e com os descritores; treinamento dos julgadores; teste sensorial das amostras e análise estatística dos resultados.

A terminologia a ser adotada nos testes sensoriais seguiu um estudo preliminar onde após várias seções pôde-se chegar a um consenso, e definir cada atributo a ser avaliado para o brócolis. A terminologia ou descritores a serem adotados pelos julgadores se encontram na Tabela 01

TABELA 01 – Descritores utilizados pelos julgadores na avaliação dos atributos sensoriais do brócolis.

Atributo	Definição
Aparência	Observar o aspecto exterior do brócolis, sua forma e tamanho. Verificar se a amostra se aproxima do brócolis cru. Observar atentamente a primeira impressão.
Cor	Cor verde é característica de brócolis fresco e cor amarela é característica de brócolis em processo de deterioração. Levar em consideração a tonalidade e o brilho da cor da amostra.
Textura	Deve ser observada a união e disposição das partes que compõem o brócolis.
Fibrosidade	Observar se o brócolis é composto de fibras/conjunto de filamentos em sua estrutura. Isto pode ser observado com as mãos: verificar se as hastes quebram facilmente, sem envergar, produzindo som característico de vegetal fresco.
Firmeza	Brócolis macio, porém não excessivamente amolecido. Observar se o brócolis é estável e sua estrutura constante durante a mastigação.
Sabor	O sabor do brócolis deve ser agradável, característico e isento de sabor estranho. Diferenciar do sabor de outros vegetais como a couve-flor.
Odor	O aroma deve ser característico de brócolis fresco, sem apresentar aroma desagradável de enxofre que aparece durante o armazenamento do produto. Pode lembrar o odor de couve.

Fonte: o autor.

2.3.3 Teste de ordenação

Para verificar a preferência, com relação à textura do brócolis nos diferentes métodos de cocção pesquisados, utilizou-se o Teste de Ordenação, conforme NBR 13170 (ABNT, 1994). A ficha de avaliação desse teste se encontra descrita no Anexo 4.

A análise dos resultados foi feita pelo teste de Kramer, utilizando a tabela de Fisher (MORAES, 1988; ABNT, 1994).

2.3.4 Teste sensorial do brócolis

Para a análise sensorial, os brócolis foram colhidos aleatoriamente da plantação da fazenda da UFPR e envolvidos imediatamente em papel-filme até serem transportados para o laboratório de química analítica da UFPR. Foram colhidas cinco cabeças de brócolis de tamanho aproximadamente igual ($\pm 300g$ cada) para os diferentes métodos de cocção. As cabeça foram lavadas, cortadas em pedaços com caule e flor, os quais foram envolvido em papel filme e guardados sob refrigeração ($4^{\circ} C$) até a análise.

Os julgadores analisaram as amostras de brócolis utilizando a ficha de teste elaborada para avaliar o perfil de características das amostras durante o treinamento, quando foi utilizada uma escala não estruturada de 9 cm. Todos os julgadores foram instruídos a consultar a ficha de definições (Tabela 01) antes do teste sensorial e durante, se necessário, para ativar a memória sensorial.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através do software MSTATC (MICHIGAN STATE UNIVERSITY, 1989).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O brócolis dessa pesquisa foi cultivado em fazenda (Figura 01) e submetido aos diversos processos de cocção conforme o planejamento realizado. Os dados para os cálculos dos resultados obtidos seguiram o planejamento considerando dez tratamentos:

- 1 - Brócolis cru.
- 2 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.
- 3 - Brócolis cozido em vapor por 5 minutos.
- 4 - Brócolis cozido em vapor por 7 minutos.
- 5 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.
- 6 - Brócolis cozido na água em ebulição por 3 minutos.
- 7 - Brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos.
- 8 - Brócolis cozido em microondas por 30 segundos.
- 9 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.
- 10 - Brócolis cozido em microondas por 2 minutos.

Na Figura 01 pode-se observar o brócolis *in natura* no plantio, pós colheita e cru, e na Figura 02 pode-se observar as amostras de brócolis processadas após os tratamentos.

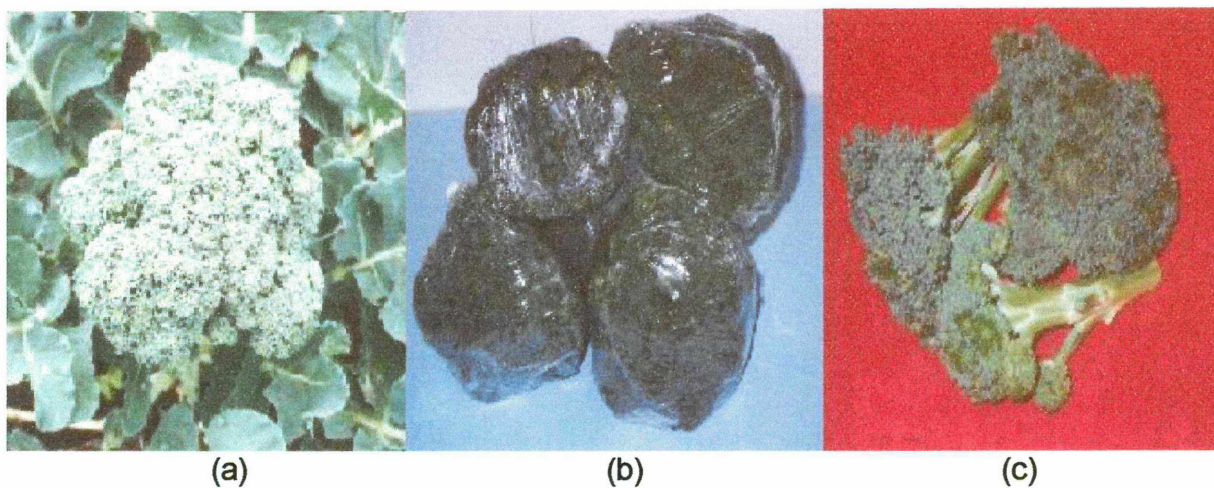


FIGURA 01 – Brócolis *in natura* no plantio (a); pós colheita envolvido em papel filme (b) e cru (c).

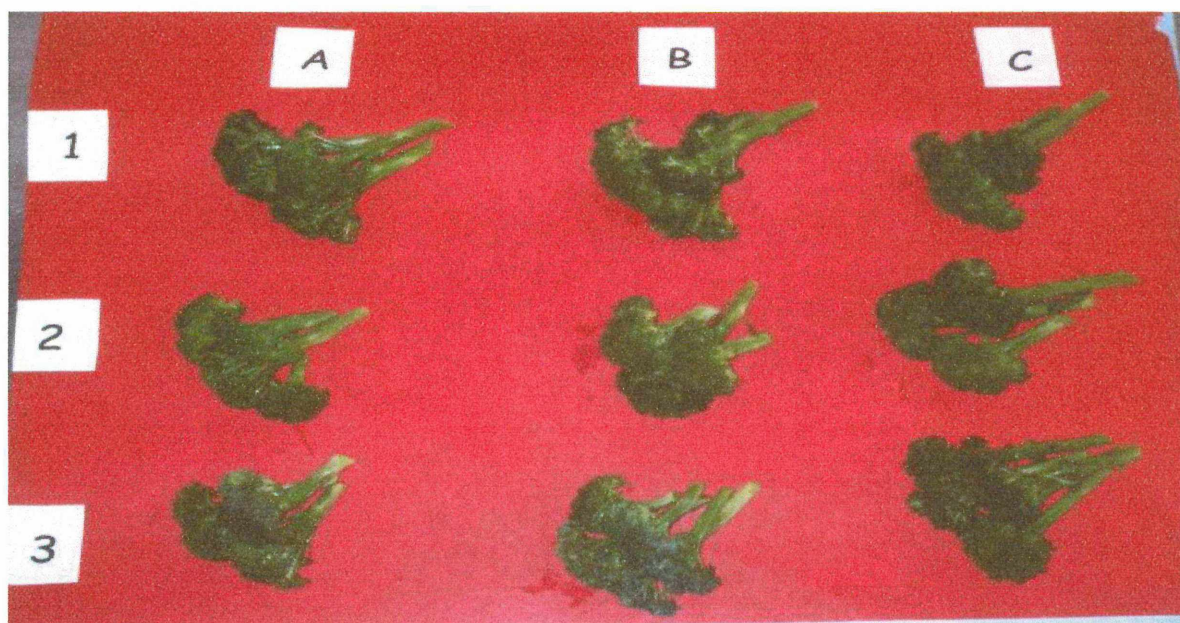


FIGURA 02 – Brócolis processado na água em ebulição, em vapor e microondas em diferentes tempos.

1A – Água em ebulição por 1 minuto; 1B, 3 minutos; 1C, 5 minutos.
 2A – Vapor por 3 minutos; 2B, 5 minutos; 2C, 7 minutos
 3A – Microondas por 30 segundos; 3B, 1 minuto; 3C, 2 minutos.

3.1 ANÁLISE SENSORIAL DO BRÓCOLIS

3.1.1 Julgadores recrutados e selecionados

Ao todo foram 20 indivíduos que preencheram o questionário. Desses, foram selecionados 8, sendo 2 homens e 6 mulheres, por preencherem os requisitos: i) apresentavam condições de saúde satisfatórias; ii) disponibilidade de tempo e iii) não possuíam aversão ou alergia ao produto. Dos julgadores selecionados, seis tinham mais de 30 anos e dois abaixo de 30 anos.

3.1.2 Treinamento e testes sensoriais

O treinamento e demais seções de testes foram realizados no laboratório de Análise Sensorial da UFPR. Participaram do treinamento os 8 (oito) indivíduos selecionados e permaneceram os mesmos até a conclusão dos testes.

Os candidatos foram treinados com o próprio produto para memorizar cada atributo a ser analisado. A avaliação dos atributos sensoriais foi feita utilizando o teste de perfil de características do brócolis (Anexo 03) conforme descrito em Material e Métodos.

3.1.3 Análise dos dados obtidos no Perfil de Características

Na sequência das Tabelas 02 a 07 estão as análises de variância dos atributos avaliados; a Tabela 08 apresenta uma avaliação geral dos atributos analisados.

TABELA 02 - Análise de variância – fibrosidade do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado 5%
Tratamento	9	57,073	6,341	2,496*	2,10
Erro	70	177,875	2,541		
Total	79	234,947			

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 03 - Análise de variância – firmeza do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado 1%
Tratamento	9	130,560	14,507	6,343**	2,82
Erro	70	160,104	2,287		
Total	79	290,664			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 04 - Análise de variância – odor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado 5%	F tabelado 1%
Tratamento	9	12,562	1,396	0,513 ^{ns}	2,10	2,82
Erro	70	190,578	2,723			
Total	79	203,140				

ns – não significativo

TABELA 05 - Análise de variância – sabor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	
					5%	1%
Tratamento	9	51,885	5,765	1,740 ^{ns}	2,10	2,82
Erro	70	231,954	3,314			
Total	79	283,839				

ns – não significativo

TABELA 06 - Análise de variância – cor do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	
					5%	1%
Tratamento	9	31,843	3,538	1,010 ^{ns}	2,10	2,82
Erro	70	245,156	3,502			
Total	79	276,999				

ns – não significativo

TABELA 07 - Análise de variância – aparência do brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	
					5%	1%
Tratamento	9	29,408	3,268	1,123 ^{ns}	2,10	2,82
Erro	70	203,680	2,910			
Total	79	233,680				

ns – não significativo

TABELA 08 – Resultado geral das análises de variância para características sensoriais.

Atributos sensoriais	F – Calculado	F – Tabelado	
		5%	1%
Aparência	1,123 ^{ns}	2,10	2,82
Cor	1,010 ^{ns}		
Fibrosidade	2,496*		
Firmeza	6,343**		
Sabor	1,740 ^{ns}		
Odor	0,513 ^{ns}		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

Analisando os dados das Tabelas 02 a 07 pode-se notar que os atributos que diferem significativamente a 5% e a 1% são a fibrosidade e a firmeza do brócolis respectivamente, conforme observado no resumo geral dos dados obtidos (Tabela 08). Isso demonstra que o único atributo sensorial que é modificado pelo método de cocção é a textura (fibrosidade e firmeza) do brócolis. A aparência, a cor, o sabor, e o odor não são afetados pelo cozimento nos método e tempos analisados nessa pesquisa. Esses resultados podem ser confirmados pelas comparações das médias pelo teste de Tukey desses atributos, as quais estão apresentadas nas Figuras 03 e 04.

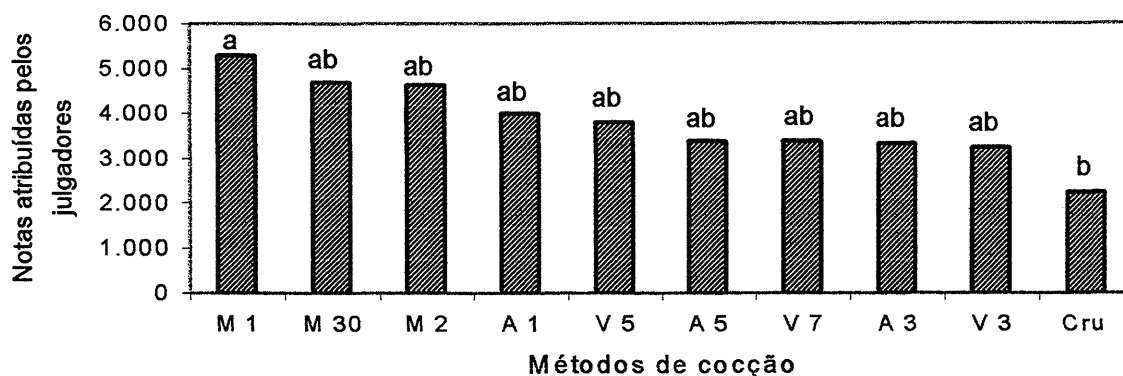


FIGURA 03 – Comparação de médias dos valores do atributo fibrosidade pelo teste de Tukey a 5% de significância.

- M 1 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.
 M 30 - Brócolis cozido em microondas por 30 segundos.
 M 2 - Brócolis cozido em microondas por 2 minutos.
 A 1 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.
 V 5 - Brócolis cozido em vapor por 5 minutos.
 A 5 - Brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos.
 V 7 - Brócolis cozido em vapor por 7 minutos.
 A 3 - Brócolis cozido na água em ebulição por 3 minutos.
 V 3 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.
 Cru - Brócolis cru.

Na Figura 03 pode-se notar que para a fibrosidade, o único tratamento que é diferente significativamente dos outros tratamentos é o do brócolis cru, que recebeu a letra “b”. Todos os outros tratamentos receberam a letra “a”, sendo iguais. Assim, considerando apenas os tratamentos térmicos, verifica-se que a fibrosidade não é afetada pelos métodos de cocção e tempos estudados.

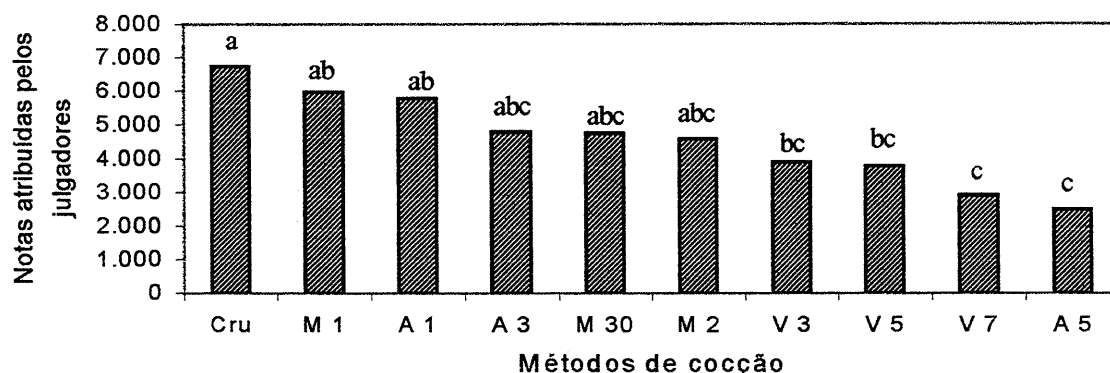


FIGURA 04 – Comparação de médias dos valores do atributo firmeza pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Cru - Brócolis cru.

M 1 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.

A 1 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.

A 3 - Brócolis cozido na água em ebulição por 3 minutos.

M 30 - Brócolis cozido em microondas por 30 segundos.

M 2 - Brócolis cozido em microondas por 2 minutos.

V 3 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.

V 5 - Brócolis cozido em vapor por 5 minutos.

V 7 - Brócolis cozido em vapor por 7 minutos.

A 5 - Brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos.

Na Figura 04 pode-se notar que o brócolis cru, cozido em microondas e cozido na água em ebulição por 1 e 3 minutos são iguais entre si recebendo todos a letra “a”, sendo portanto os métodos de cocção em que o brócolis se apresenta mais firme. Para a água em ebulição e para o vapor, fica claro que quanto maior o tempo de cocção, menor a firmeza do brócolis.

Como os atributos de firmeza e fibrosidade não nos dizem qual é o brócolis preferido, apenas que os diferentes métodos de cocção em diferentes tempos afetam a textura do brócolis, foi feito um teste de ordenação (Anexo 04), considerando as amostras que receberam as maiores notas no atributo sabor (microondas por 1 minuto, vapor por 3 minutos e água em ebulição por 1 minuto) e brócolis cru.

Na Tabela 09 pode ser observada a análise de variância após os valores obtidos no teste de ordenação serem substituídos pelos da tabela proposta por Fisher, e na Tabela 10 a comparação das médias pelo teste de Tukey.

TABELA 09 - Análise de variância do teste de ordenação do brócolis submetido aos diferentes processos de cocção nos tempos propostos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado 5%	F tabelado 1%
Tratamento	3	7,6050	2,5350	4,9252**	3,07	4,87
Julgadores	7	0	0	0		
Erro	21	10,8094	0,5147			
Total	31	18,4144				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 10 – Comparação das médias do teste de ordenação pelo teste de Tukey a 5%.

Tratamento	Classificação
Brócolis cozido em vapor por 3 minutos	a
Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto	a
Brócolis cozido em microondas por 1 minuto	ab
Brócolis cru	b

Na Tabela 09 pode-se notar que os tratamentos diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade e na Tabela 10 pode-se notar que as amostras cozidas são iguais entre si e que a amostra cru é significativamente diferente.

Na Figura 05 pode-se notar que existe uma preferência pelo brócolis cozido em vapor e na água em ebulição, ficando esses predominantemente nas duas primeiras posições; e uma rejeição maior do brócolis cozido no microondas, seguido pelo brócolis cru, sendo esse o menos aceito (aparecendo predominantemente na quarta posição).

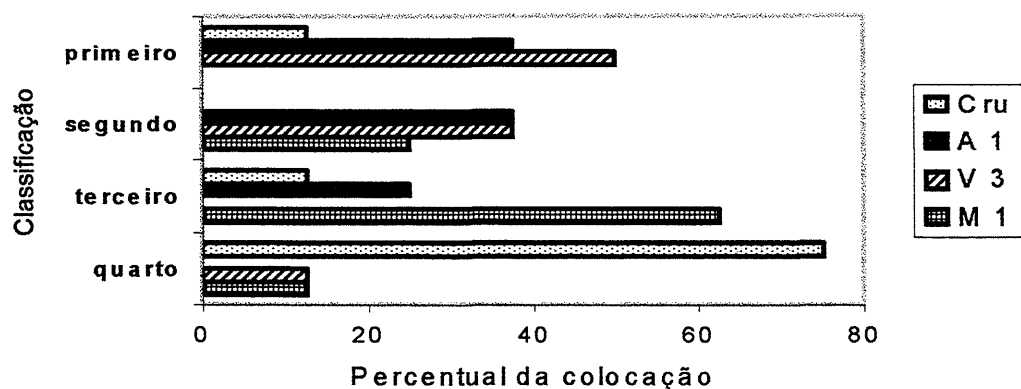


FIGURA 05 – Classificação dos tratamentos térmicos do brócolis segundo o teste de ordenação, por percentual de colocação.

Cru - Brócolis cru.

A 1 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.

V 3 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.

M 1 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.

Os métodos de cocção preferidos pelos julgadores foram o brócolis cozido na água em ebulição e em vapor nos menores tempos (1 e 3 minutos, respectivamente) (Figura 05), sendo também estes os tempos em que o brócolis mostrou-se mais firme para cada método (Figura 04). Isso demonstra que o atributo firmeza foi bastante apreciado pelos julgadores.

4 CONCLUSÃO

Utilizando os métodos de cocção nos tempos propostos para o brócolis híbrido, não existe diferença significativa para os atributos aparência, cor, sabor e odor.

O único atributo sensorial que apresentou diferença foi a textura (fibrosidade e firmeza), existindo diferença significativa entre os métodos de cocção utilizados ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente).

Na comparação do brócolis cru com o cozido, independente do método e do tempo de cocção, esse mostrou-se mais fibroso.

Quanto maior o tempo de cocção, menor a firmeza do brócolis, sendo este atributo apreciado pelos julgadores.

Os brócolis mais firmes, isto é, nos menores tempos na água em ebulição (1 minuto) e no vapor (3 minutos), foram os preferidos pelos julgadores. O brócolis cozido no microondas e cru foram os menos aceitos.

REFERÊNCIAS

- 1 ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.207-225, 1999.
- 2 ABNT – **Análise sensorial – Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ)**. Alimentos e bebidas: NBR 14140. Rio de Janeiro. 5p. 1998.
- 3 ABNT – **Teste de ordenação em análise sensorial**. NBR 13170. Rio de Janeiro. 7p. 1994.
- 4 ABNT – **Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. Terminologia: NBR 12806. Rio de Janeiro. 8p. 1993.
- 5 BALSINI, I. D.; WASZCZYNSKYJ, N.; MONTEIRO, L. T. B. Perfil de características, preferência e aceitação de duas variedades de brócolos: couve-brócolos e brócolos híbrido. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTO, 7, 2001, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Gráfica Mansão LTDA, 2001. AOU8-08.
- 6 BARTH, M. M.; ZHUANG, H. Packing design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.141-150, 1996.
- 7 FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas, S. P.: SBCTA 2000, 2000. 127p. (Manual: Série Qualidade)
- 8 FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.59-64, 1998.
- 9 MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton. CRC Press. 394p. 1991.
- 10 MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTATC, versão 2.10**, East Lansing, MI, 1989, 2 disquetes, 3 ½ pol., MSDOS.
- 11 MONTEIRO, C. L. B. **Técnicas de avaliação sensorial**. 2 ed. Curitiba, CEPPA, Universidade Federal do Paraná, 1984. 100p.

- 12 MORAES, M. A. C.; **Métodos para avaliação sensorial de alimentos**. 1.ed. Campinas: editora UNICAMP, 1988.
- 13 PLUMB, G. W.; PRICE, K. R.; RHODES, M. J. C.; WILLIAMSON, G. Antioxidants properties of the major polyphenolic compounds in broccoli. **Free Radical Research**, v.27, n.4, p.429-435, 1997.
- 14 SEABRA, G. F. S.; DELIZA, R.; CENCI, S. A.; GOMES, C. A. O; GONÇALVES, E. B. Nota prévia – Efeito da temperatura e de diferentes atmosferas nas características sensoriais do brócolis minimamente processado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p.137-145, 2001.
- 15 TOIT, R. du.; VOLSTEEDT, Y.; APOSTOLIDES, Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. **Toxicology**, v.166, n.1-2, p.63-69, setembro, 2001.

CAPÍTULO 3

RETENÇÃO DE VITAMINA C EM BRÓCOLIS SUBMETIDO A DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO

BALSINI, I. D.

WASZCZYNSKYJ, N.

FREITAS, R. J. S.

RESUMO

Através da seleção de um processo de cocção para o brócolis híbrido Asgrow (espécie *Brócolos*, variedade *Sabre*, Híbrido) é possível obter um produto final com maior retenção de vitamina C e, conseqüentemente, com boa qualidade nutricional. O objetivo deste trabalho foi analisar as perdas de vitamina C no brócolis após o processamento em diferentes tempos e métodos de cocção. Para isso foi avaliada a cocção em vapor (3, 5 e 7 minutos), em água em ebulição (1, 3 e 5 minutos) e em microondas (30 segundos, 1 e 2 minutos). A vitamina C foi determinada pelo método de Tillmans no brócolis “in natura” e após cada tratamento. As perdas de vitamina C variaram de 5,61% a 62,96%, indicando que o tipo de processo utilizado assim como o tempo de cocção do brócolis influenciam diretamente no conteúdo final de vitamina C; sendo a cocção em microondas a mais eficiente.

Palavras-chave: brócolis híbrido, vitamina C, métodos de cocção.

1 INTRODUÇÃO

Há atualmente uma preocupação com a manutenção da saúde das pessoas e esforços tem sido feitos para incentivar o consumo de alimentos ricos em vitaminas, como os vegetais, para prevenção de patologias e manutenção do bem-estar e desenvolvimento dos indivíduos. O brócolis é um desses alimentos, pois é rico em vitamina C, A e folato; apresenta boa quantidade de proteína, cálcio e ferro e ainda complementa as refeições com fibras dietéticas (FAVELL, 1998; SALGADO, 1999).

O consumo de brócolis tem sido associado com a diminuição do risco de todos os tipos de cânceres devido a presença de componentes químicos, que podem modular o processo de carcinogênese, e de substâncias antioxidantes como a vitamina C (VANDERSLICE et al., 1990; VERHOEVEN et al., 1996; FERGUSON, 1997; FAULKNER, MITHEN e WILLIAMSON, 1998; TOIT, VOLSTEEDT e APOSTOLIDES, 2001).

A vitamina C é hidrossolúvel e é extremamente termolábil, isto é, sofre degradação quando em contato com o calor, perdendo assim sua função antioxidante. O procedimento de cozinhar vegetais como o brócolis para o consumo faz com que o mesmo entre em contato com o calor e perca parte de sua vitamina C por degradação e para a água de cocção. Outras mudanças no valor biológico dos vegetais ocorrem durante seu cultivo (dependendo do tipo de solo, condições climáticas, procedimento agrícola etc.) e durante as fases de pré-preparo (descascamento, limpeza, lavagem etc.) (BERNHARDT, TOCHHINI e PASCHOALINO, 1979; DUTRA DE OLIVEIRA, WILSON e CORRÊA, 1982; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989; ORNELLAS, 1995; LEE e KADER, 2000).

Devido a sua labilidade, a vitamina C pode ser usada como um indicador da qualidade de nutrientes em vegetais. A extensão da perda de vitamina C em vegetais cozidos depende da variação dos métodos de cocção e períodos de exposição, mas devido a grande variedade de métodos e tempos utilizados, o estágio de cocção não tem sido incluído nos trabalhos (HERRMANN, 1994; FAVELL, 1998; LEE e KADER, 2000).

Existem vários métodos para análise de vitamina C como: titulação, espectofotometria, fluorometria, voltametria, eletroforese, colorimetria, eletroquímica, medidas enzimáticas e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A CLAE tem sido um método bastante empregado para a análise de vitaminas hidrossolúveis, entretanto o método de titulação é o recomendado para análise de vitamina C pela AOAC e pelo Instituto Adolfo Lutz.(NORMAS,1985; AOAC, 1990) Trabalhos que compararam esses dois métodos apresentaram boa concordância, demonstrando performance satisfatória em ambos os métodos (FAVELL, 1998).

Com a preservação da vitamina C, o brócolis torna-se um alimento de maior interesse para o consumidor, pois uma vez estando essa vitamina preservada, os demais componentes podem ser também conservados auxiliando na manutenção da saúde e prevenção de patologias.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a retenção e perda de vitamina C do brócolis após a cocção em microondas, água em ebulição e em vapor em diferentes tempos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Para este trabalho foi utilizado como amostra o *Brócolos Híbrido Asgrow* (espécie *Brócolos*, Variedade *Sabre*, *Híbrido*), plantado na Fazenda da UFPR a fim de reduzir possíveis erros relacionados com o dia da colheita, diferença de solo, colheita mecânica - fatores que poderiam modificar o conteúdo de vitaminas do brócolis.

2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO

Neste trabalho, o brócolis foi processado utilizando-se três métodos de cocção: cocção em vapor, água em ebulição e microondas. Em todos os métodos foram utilizados 100 gramas de brócolis a cada preparo.

Para a cocção em vapor foi utilizado um cesto perfurado de aço inoxidável – ILKO, específico para cocção de alimentos em vapor, colocado num recipiente com água em ebulição suficiente para formar vapor e cozinhar o brócolis dentro do cesto. Durante a cocção o recipiente permaneceu fechado.

Para a cocção na água em ebulição, foi utilizado um recipiente de aço inoxidável com água suficiente para cobrir o brócolis. O mesmo permaneceu fechado durante a cocção.

Para a cocção em microondas, foi utilizado o microondas *Panasonic Píccolo*, na potência máxima e recipiente especial para cozimento em microondas da Cozimassas MicroWell – *Microwell Ind. e Com. Ltda.*, composto por corpo, cesta e tampa.

Os tempos de cocção foram definidos com base no trabalho de BALSINI, WASZCZYNSKYJ e MONTEIRO (2001), no qual o brócolis híbrido foi cozido em água em ebulição por 10 minutos (designado brócolis cozido) e por 3 minutos (designado brócolis “ao dente”). Foram avaliados sensorialmente os atributos de aparência, cor, textura, sabor e odor para o brócolis cozido, “ao dente” e cru. O brócolis cozido foi pouco aceito pelos julgadores por sua perda de textura, ser pouco firme e sem crocância, recebendo menores notas que o produto consumido cru. O brócolis “ao dente” obteve melhor aceitação entre as três apresentações. Baseado nesta análise, os tempos de cocção para o presente trabalho foram definidos para que o brócolis apresentasse boa aparência, cor textura, sabor e odor agradáveis e principalmente firmeza, atributos essenciais para aceitação do produto. Para se obter um produto final com semelhança sensorial em cada método de cocção, foram estabelecidos tempos diferentes de cocção definidos em:

- cocção em vapor por 3, 5 e 7 minutos;
- cocção na água em ebulição por 1, 3 e 5 minutos;
- cocção em microondas por 30 segundos, 1 e 2 minutos.

Em todos os métodos de cocção, após os tempos estabelecidos, o brócolis foi acondicionado em sacos plásticos e resfriado em banho de gelo para interromper o cozimento, havendo assim um maior controle do real tempo em que o brócolis ficou em contato com o calor.

2.3 ANÁLISE DO ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)

Para a análise da vitamina C, os brócolis foram colhidos aleatoriamente da plantação da fazenda da UFPR e envolvidos imediatamente em papel-filme até serem transportados para o laboratório de química analítica da UFPR. Foram colhidas cinco cabeças de brócolis de tamanho aproximadamente igual ($\pm 300g$ cada) para os diferentes métodos de cocção. As cabeça foram lavadas, cortadas em pedaços com caule e flor, os quais foram envolvido em papel filme e

guardados sob refrigeração (4° C) até a análise. A extração de vitamina C e titulação foram realizadas no dia da colheita das amostras. Todas as análises foram realizadas em triplicata para cada tempo de cada tratamento.

A extração do ácido ascórbico (AA) foi realizada conforme ALBRECHT e CHAFER (1990). Aproximadamente 25 gramas do brócolis foram pesados e homogeneizados com 100 ml de ácido metafosfórico a 5% durante dois minutos com o auxílio de um mixer (Walita mix), em um bequer de vidro alto de 400 ml. O sobrenadante foi filtrado em um funil de Büchner com papel filtro Whatman nº 4, sendo o filtrado analisado conforme a metodologia de titulação pelo método de Tillmans seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (NORMAS, 1985).

O método visual da titulação é baseado na redução do corante 2,6-dichlorophenolindophenol pela solução ácida de AA (AOAC, 1990). No final, o excesso não reduzido da coloração é rosa pink na solução ácida. Esse método é aplicável para determinação de AA reduzido, porém, apresenta-se escuro na presença de agentes redutores (Fe^{++} , Cu^{++} , SO_2 , sulfito, e íons tiosulfato) ou soluções coloridas, não sendo aplicável (NISPEROS-CARRIEDO, BUSLIG e SHAW, 1992; VINCI, BOTRÊ e MELE, 1995). Contudo, o método de extração utilizado nesse trabalho, resultou num extrato de coloração verde claro translúcido, não interferindo no ponto de viragem da titulação, sendo esse método perfeitamente aplicável nesse caso.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através do software MSTATC (MICHIGAN STATE UNIVERSITY, 1989).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O brócolis dessa pesquisa foi cultivado em fazenda (Figura 01) e submetido aos diversos processos de cocção conforme o planejamento realizado. Os dados para os cálculos dos resultados obtidos seguiram o planejamento considerando dez tratamentos:

- 1 - Brócolis cru.
- 2 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.
- 3 - Brócolis cozido em vapor por 5 minutos.
- 4 - Brócolis cozido em vapor por 7 minutos.
- 5 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.
- 6 - Brócolis cozido na água em ebulição por 3 minutos.
- 7 - Brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos.
- 8 - Brócolis cozido em microondas por 30 segundos.
- 9 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.
- 10 - Brócolis cozido em microondas por 2 minutos.

Na Figura 01 pode-se observar o brócolis *in natura* no plantio, pós colheita e cru, e na Figura 02 pode-se observar as amostras de brócolis processadas após os tratamentos.

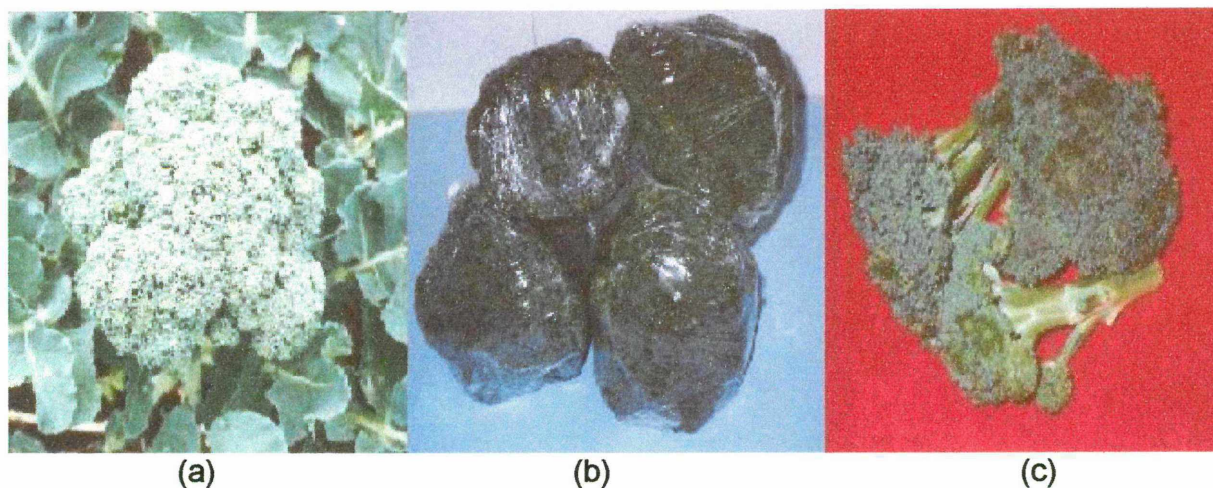


FIGURA 01 – Brócolis *in natura* no plantio (a); pós colheita envolvido em papel filme (b) e cru (c).

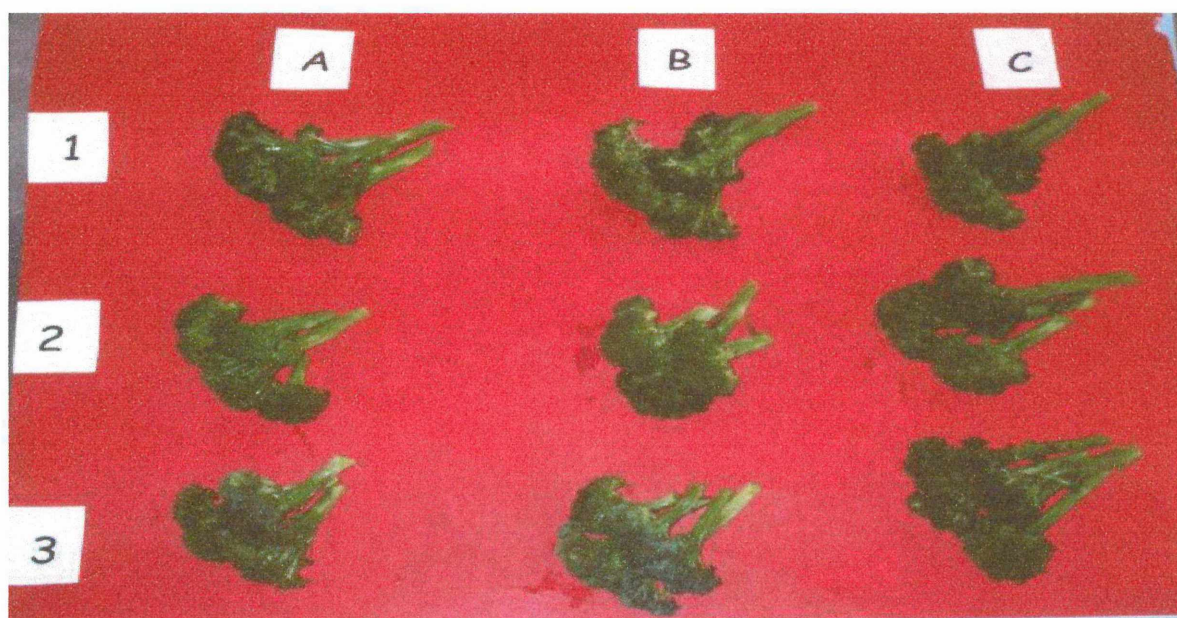


FIGURA 02 – Brócolis processado na água em ebulição, no vapor e microondas em diferentes tempos.

1A – Água em ebulição por 1 minuto; 1B, 3 minutos; 1C, 5 minutos.
 2A – Vapor por 3 minutos; 2B, 5 minutos; 2C, 7 minutos
 3A – Microondas por 30 segundos; 3B, 1 minuto; 3C, 2 minutos.

Os teores de vitamina C determinados no brócolis submetido aos diversos tratamentos previamente delineados, foram analisados estatisticamente e as médias comparadas pelo teste de Tukey (Tabelas 01, 02 e 03).

TABELA 01 – Retenção de vitamina C em brócolis processado em vapor em diferentes tempos de cocção

Diferentes tempos de cocção		
Tempo de cocção	Vitamina C* (mg/100g)	Retenção (%)
	M ± DP CV (%)	
0 minutos	118,90 ^a ± 4,79 4,03	100
3 minutos	87,85 ^e ± 3,36 3,82	73,88
5 minutos	76,46 ^f ± 3,10 4,05	64,31
7 minutos	55,95 ^g ± 3,10 5,54	47,05

M \pm DP = média e estimativa do desvio padrão; CV = coeficiente de variação

* os valores são médias de determinações em triplicata

a.,b,... médias com mesma letra não diferem significativamente entre si

TABELA 02 – Retenção de vitamina C em brócolis processado na água em ebulição em diferentes tempos de cocção

Análise em diferentes tempos de cocção		
Tempo de cocção	Vitamina C* (mg/100g)	Retenção (%)
	M ± DP CV (%)	
0 minutos	118,90 ^a ± 4,79 4,03	100
1 minuto	93,44 ^{de} ± 1,10 1,18	78,59
3 minutos	59,57 ^g ± 2,54 4,26	50,10
5 minutos	44,05 ^h ± 2,05 4,65	37,04

M \pm DP = média e estimativa do desvio padrão; CV = coeficiente de variação

* os valores são médias de determinações em triplicata

a.,b,... médias com mesma letra não diferem significativamente entre si

Comparando-se as médias de vitamina C encontradas no brócolis cozido em vapor (Tabela 01), observa-se que as perdas aumentam significativamente em função do tempo de cozimento, alcançando aproximadamente 53% após 7 minutos de cocção. Já no brócolis cozido por 3 minutos, a retenção da vitamina foi de aproximadamente 74%.

Os valores médios de perdas de vitamina C encontrados no brócolis cozido na água em ebulição (Tabela 02), de 1 e 5 minutos, foram de aproximadamente 21 e 63% respectivamente. Desta forma, a perda observada no brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos foi maior do que no brócolis cozido por 7 minutos em vapor.

Comparando-se os percentuais de perdas entre o método de cocção em vapor e na água em ebulição, nos mesmos tempos de exposição ao calor de 3 e 5 minutos, observa-se que as perdas da vitamina se elevaram em 24% no processo de cozimento na água por 3 minutos enquanto que no cozimento na água durante 5 minutos, as perdas alcançaram 27% em relação ao cozimento em vapor. Constata-se, portanto, que o método de cocção, ou seja, a solubilidade da vitamina na água é um fator crítico na preservação da vitamina C.

A solubilidade da vitamina C é uma característica que influencia fortemente em sua perda durante o processamento, quando ocorre maior contato direto do vegetal com a água em ebulição (ORNELLAS, 1995) ou na forma de vapor. Estudos têm demonstrado que uma maior retenção é obtida quando vegetais são cozidos sem adição de água e que perdas elevadas estão associadas ao uso de grandes quantidades de água durante a cocção (SANT'ANA et al., 1998).

TABELA 03 – Retenção de vitamina C em brócolis processado em microondas em diferentes tempos de cocção

Tempo de cocção	Vitamina C* (mg/100g) M ± DP CV (%)	Retenção (%)
0 minutos	118,90 ^a ± 4,79 4,03	100
30 segundos	112,23 ^{ab} ± 1,13 1,01	94,39
1 minuto	107,67 ^{bc} ± 1,19 1,11	90,55
2 minutos	97,99 ^{cd} ± 3,91 3,99	82,41

M ± DP = média e estimativa do desvio padrão; CV = coeficiente de variação

* Os valores são médias de determinações em triplicata

a,b... médias com mesma letra não diferem significativamente entre si

Conforme as concentrações média retidas no brócolis cozido em microondas apresentadas na Tabela 03, observa-se perdas menores da vitamina nos três tempos de cocção. Neste método, o vegetal é processado sem contato direto ou indireto com água adicional como nos métodos anteriores. Além disso, o tempo de cozimento gasto sem alterar as características de aceitabilidade do produto também foram menores. Comparando-se os percentuais de perdas da vitamina C entre o brócolis cozido na água em ebulição e o processamento em microondas por 1 minuto, as perdas ocorridas no primeiro método de cocção foi o dobro do percentual de perdas no brócolis cozido em microondas.

Desta forma torna-se evidente que quanto menor o tempo de cocção e contato com a água, maior a retenção de vitamina C durante o processo de cocção. Os resultados demonstraram que o método de cocção em microondas por 30 segundos apresentou as menores perdas (aproximadamente 6%) ao final do cozimento.

A Tabela 04 apresenta a análise de variância dos resultados e a Figura 03 a comparação das médias pelo teste de Tukey a 1% de significância.

TABELA 04 – Análise de variância do conteúdo de vitamina C no brócolis submetido a diferentes métodos de cocção em diferentes tempos.

	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado 1%
Tratamento	9	17674,678	1963,853	231,666**	3,56
Erro	20	169,541	8,477		
Total	29	17844,220			

** significativo ao nível de 1%

Observa-se na Tabela 04 que a maioria dos tratamentos utilizados para a cocção do brócolis, diferem significativamente ao nível de 1% relativo aos teores de vitamina C no brócolis, confirmando essa diferença na comparação das médias pelo teste de Tukey (Figura 03).

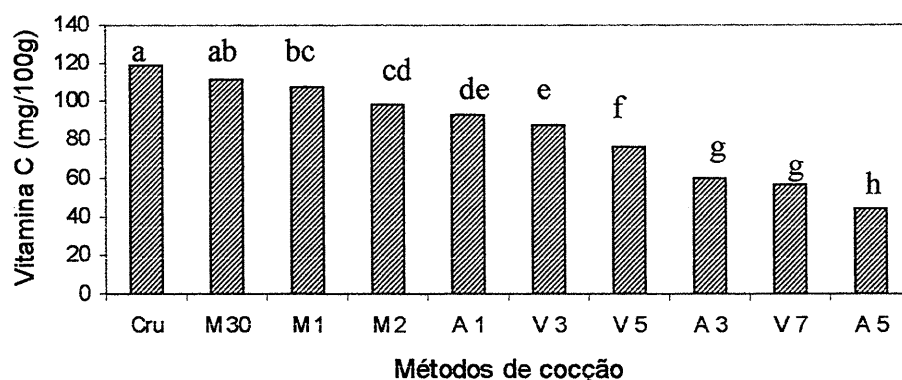


FIGURA 03 - Comparação de médias dos valores de Vitamina C pelo teste de Tukey a 1% de significância.

Cru - Brócolis cru.

M 30 - Brócolis cozido em microondas por 30 segundos.

M 1 - Brócolis cozido em microondas por 1 minuto.

M 2 - Brócolis cozido em microondas por 2 minutos.

A 1 - Brócolis cozido na água em ebulição por 1 minuto.

V 3 - Brócolis cozido em vapor por 3 minutos.

V 5 - Brócolis cozido em vapor por 5 minutos.

A 3 - Brócolis cozido na água em ebulição por 3 minutos.

V 7 - Brócolis cozido em vapor por 7 minutos.

A 5 - Brócolis cozido na água em ebulição por 5 minutos.

Pode-se observar na Figura 03 a comparação das médias dos valores de vitamina C pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância e que o único método de cocção que recebeu a mesma letra "a" que a do brócolis cru, indicando que não houve diferença entre os tratamentos, foi a da cocção do brócolis em microondas por 30 segundos, demonstrando que nessa condição a perda de vitamina C não é significativa.

4 CONCLUSÃO

O método de cocção influencia diretamente na perda de vitamina C.

A perda de vitamina C está diretamente relacionada com o tempo de exposição do brócolis ao calor; variando de 5,61% em microondas por 30 segundos a 62,96% na cocção em água em ebulição por 5 minutos.

O melhor método para cocção de brócolis foi em microondas por resultar em maior retenção de vitamina C. A cocção em vapor preservou melhor a vitamina C que a em água em ebulição, sendo esta a segunda opção para evitar maiores perdas da vitamina C.

Quanto menor o tempo de cocção e contato com a água, maior a retenção de vitamina C no brócolis.

Nos métodos de cocção convencionais (água em ebulição e vapor) há uma perda maior de vitamina C, que é hidrossolúvel, quando o brócolis está em contato direto com a água, independente do tempo de cocção.

REFERÊNCIAS

- 1 ALBRECHT, J. A.; SCHAFER, H. W. Comparasion of two methods of ascorbic acid determination in vegetables. **Journal of Liquid Chromatography**, v.13, n.13, p.2633-2641, 1990.
- 2 AOAC. Officilal Methodos of Analysis. **Vitamins and other nutrients: 967.21 - vitamin C**. 15. ed. Association of Official Analytical Chemists: Virginia, 1990. p.1058-1059.
- 3 BALSINI, I. D.; WASZCZYNSKYJ, N.; MONTEIRO, L. T. B. Perfil de características, preferência e aceitação de duas variedades de brócolos: couve-brócolos e brócolos híbrido. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTO, 7, 2001, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Gráfica Mansão LTDA, 2001. AOU8-08.
- 4 BERNHARDT, L. W.; TOCHHINI, R. P.; PASCHOALINO, J. E. Mudanças que ocorrem durante o armazenamento de frutas e hortaliças congeladas. **Boletim ITAL**, Campinas, v.16, n.1, p.9-34, 1979.
- 5 DUTRA DE OLIVEIRA, J.; E. WILSON, E.; D. CORRÊA, A.; S. **Nutrição básica**. 1. Ed. São Paulo: Sarvier, 1982. p. 181 – 186.
- 6 FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.59-64, 1998.
- 7 HERRMANN, K. Inhaltsstoffe der Kohlarten Teil I: Allgemeine chemische Zusammensetzung einschließlic der Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine. **Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung**, v.7, p.244-252, 1994.
- 8 FAULKNER, K.; MITHEN, R.; WILLIAMSON, G. Selective increase of the potencial anticacinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. **Carcinogenesis**, v.19, n.4, p.605-609, 1998.
- 9 FERGUSON, L. R. Micronutrients , dietary questionnaires and cancer. **Biomed & Pharmacother**, v.51, p.337-344, 1997.
- 10 NORMAS analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1 p.394-395

- 11 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, novembro, 2000.
- 12 MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTATC, versão 2.10**, East Lansing, MI, 1989, 2 disquetes, 3 ½ pol., MSDOS.
- 13 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended Dietary Allowances**. 10.ed. Washington-DC: National Academy Press, 1989. 285p.
- 14 NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BUSLIG, B. S.; SHAW, P. E. Simultaneous Detection of Dehydroascorbic, Ascorbic, and some organic acids in fruits and vegetables by HPLC. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.40, p.1127-1130, 1992.
- 15 ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética: seleção e preparo de alimentos**. São Paulo:Atheneu, 1995. 320p.
- 16 SALGADO, J. M. **Previna Doenças: faça do alimento seu medicamento**. São Paulo:Madras, 1999.
- 17 SANT'ANA, H. M. P.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C.; AZEREDO, R. M. C. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry**, v.61, n.1/2, p.145-151, 1998.
- 18 TOIT, R. du.; VOLSTEEDT, Y.; APOSTOLIDES, Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. **Toxicology**, v.166, n.1-2, p.63-69, setembro, 2001.
- 19 VANDERSLICE, J. T.; HIGGS, D. J.; HAYES, J. M.; BLOCK, G. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.3, p.105-118, 1990.
- 20 VERHOEVEN, D. T. H.; GOLDBOHN, R. A.; VAN POPPEL, G.; VETHAGEN, H.; VAN den BRANDT, P. A. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. **Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention**, v.5, n.9, p.733-748, 1996.
- 21 VINCI, G.; BOTRÊ, F.; MELE, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v.53, p.211-214, 1995.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que:

O aumento do consumo de frutas e vegetais, alimentos ricos em vitaminas, minerais e fibras, deve-se à crescente busca do consumidor por uma alimentação mais saudável. Vegetais crucíferos do gênero *Brassicca*, como o brócolis, são boa fonte de antioxidantes como a vitamina C e fitoquímicos que podem modular o processo de carcinogênese;

A importância da escolha dos métodos e tempo de cocção na preservação da vitamina C em razão da sua labilidade, solubilidade e qualidade do produto avaliado através de sua aceitabilidade;

Concluimos que:

Utilizando os métodos de cocção nos tempos propostos para o brócolis híbrido, não existe diferença significativa para os atributos aparência, cor, sabor e odor. O único atributo sensorial diferente foi a textura (fibrosidade e firmeza), existindo diferença significativa entre os métodos de cocção utilizados ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente).

Na comparação do brócolis cru com o cozido, independente do método e do tempo de cocção, esse mostrou-se mais fibroso. Quanto maior o tempo de cocção, menor a firmeza do brócolis, sendo este atributo apreciado pelos julgadores.

Os brócolis mais firmes, isto é, nos menores tempos na água em ebulição (1 minuto) e no vapor (3 minutos), foram os preferidos pelos julgadores. O brócolis cozido no microondas e cru foram os menos aceitos.

O método de cocção influencia diretamente na perda de vitamina C, a qual está diretamente relacionada com o tempo de exposição do brócolis ao calor; variando de 5,61% em microondas por 30 segundos a 62,96% na cocção em água em ebulição por 5 minutos.

O melhor método para cocção de brócolis foi em microondas por resultar em maior retenção de vitamina C. A cocção em vapor preservou melhor a vitamina C que a em água em ebulição, sendo esta a segunda opção para evitar maiores perdas da vitamina C.

Quanto menor o tempo de cocção e contato com a água, maior a retenção de vitamina C no brócolis. Nos métodos de cocção convencionais (água em ebulição e vapor) há uma perda maior de vitamina C, que é hidrossolúvel, quando o brócolis está em contato direto com a água, independente do tempo de cocção.

Para o brócolis, sugere-se optar por um método de cocção em que apresente as características sensoriais aceitáveis, principalmente textura firme, no menor tempo possível para preservar a vitamina C. Neste trabalho, a cocção em vapor por 3 minutos ou na água em ebulição por 1 minuto com retenção média da vitamina C de aproximadamente 76%.

ANEXOS

ANEXO 01

FICHA DE SELEÇÃO
Análise Sensorial de Brócolis

Nome Completo: _____
Telefone: _____ Sexo: () Feminino () Masculino
Idade: () 18 a 20 () 21 a 25 () 26 a 30 () mais de 30 anos
Formação: _____

Todas as respostas são de caráter sigiloso.

1- Você costuma consumir brócolis? Com que frequência?

2 - Você utiliza algum tipo de tempero para consumir brócolis ou não utiliza nenhum tempero? Se utiliza, qual?

3 - Você possui algum tipo de alergia a algum alimento (frutas e verduras)? Se positivo, especifique.

4 - Faça um "X" no horário você tem disponibilidade para participar da análise sensorial:

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Manhã					
Tarde					

5 - Comentários de seu interesse:

ANEXO 02**CONVITE**

Venha participar do teste de análise sensorial de brócolis ! ! !

Período: de 15/07/2002 a 02/08/2002

Pré-requisitos: Maior de 21 anos;

Aluno, professor ou funcionário da UFPR;

Possuir horário disponível no período da manhã ou tarde;

Inscrição: Até sexta feira (12/07/02) às 12:00

Local: Usina piloto A - Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Falar com Isadora.

ANEXO 03**TESTE PERFIL DE CARACTERÍSTICAS**

Nome: _____ Data: ____/____/____.
 Produto: _____ Horário: _____.

Avalie cada amostra marcando com um traço como no modelo abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra.

_____ (1) (10)
--

Amostra nº _____

APARÊNCIA

_____	_____
Ruim	Boa

Comentários: _____

COR

_____	_____
Frac	Forte

Comentários: _____

TEXTURA**FIBROSIDADE**

_____	_____
Pouco Fibroso	Muito Fibroso

FIRMEZA

_____	_____
Pouco Firme	Muito Firme

Comentários: _____

SABOR

_____	_____
Pouco Característico	Muito Característico

Comentários: _____

ODOR

_____	_____
Pouco Característico	Muito Característico

Comentários: _____

ANEXO 04

TESTE DE ORDENAÇÃO

Nome: _____ Data: / / .

Avalie as amostras, colocando-as em ordem decrescente de preferência anotando o código da amostra.

_____	_____	_____	_____
primeira	segunda	terceira	quarta

Comentários:
