



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA

**EFEITOS DE DIFERENTES PROCESSOS DE COZINHA NA ACEITAÇÃO E NO
CONTEÚDO DE CAROTENOIDES, DE POTÁSSIO E DE SÓDIO EM
HORTALIÇAS**

NEIDE TORRES DE CASTRO

Brasília – DF

2017





NEIDE TORRES DE CASTRO

**EFEITOS DE DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO NA ACEITAÇÃO E NO
CONTEÚDO DE CAROTENOIDES, DE POTÁSSIO E DE SÓDIO EM
HORTALIÇAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Nutrição
Humana, da Faculdade de Ciências da
Saúde, Universidade de Brasília,.

Orientadora: Dr^a Raquel Braz Assunção
Botelho

Brasília – DF

2017



Torres de Castro, Neide

Efeitos de diferentes processos de cocção na aceitação e no conteúdo de carotenoides, de potássio e de sódio em hortaliças/Neide Torres de Castro. Brasília, DF: 2017.

Mestrado – Universidade de Brasília

Faculdade Ciências da Saúde, 2017

Orientadora: Raquel Braz Assunção Botelho

1. Métodos de cocção 2. Minerais 3. Carotenoides 4. Abobrinha 5.



**EFEITOS DE DIFERENTES PROCESSOS DE COCÇÃO NA ACEITAÇÃO E NO
CONTEÚDO DE CAROTENOIDES, DE POTÁSSIO E DE SÓDIO EM
HORTALIÇAS**

Aprovada em:

1º Membro (Presidente): Dr^a. Raquel Braz Assunção Botelho
Faculdade de Ciências da Saúde/ Departamento de Nutrição
Universidade de Brasília

2º Membro: Dr^a. Wilma Maria Coelho Araújo
Faculdade de Ciências da Saúde/ Departamento de Nutrição
Universidade de Brasília

3º Membro: Dr. Ernandes Rodrigues de Alencar
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Universidade de Brasília

4º Membro (Suplente): Dr^a. Eliana dos Santos Leandro
Faculdade de Ciências da Saúde/ Departamento de Nutrição
Universidade de Brasília

BRASÍLIA-DF

2017



Para os meus filhos André e Andreza,
por sempre me apoiarem em todas as
empreitadas que me proponho a realizar.



AGRADECIMENTOS

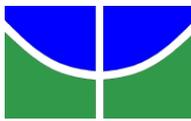
Agradeço à Prof. Raquel Braz de Assunção Botelho pela confiança depositada em meu trabalho e por todo apoio e paciência com os meus problemas familiares que algumas vezes me tiraram do foco.

Ao técnico do Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária, Márcio Antônio Mendonça, pelas orientações e apoio em tantas análises realizadas naquele laboratório.

À técnica do Laboratório de Alimentos do Departamento de Nutrição, Maria do Desterro, pela orientação e ajuda com a liofilização das amostras, além do apoio em outras atividades que nem eram da sua área, apenas pelo prazer em ajudar.

Um agradecimento especial para a colega Lorena Andrade de Aguiar, pela ajuda valiosa no uso do texturômetro, com o sacrifício do tempo para a sua própria pesquisa, sem a qual certamente não teria conseguido fazer minhas análises no tempo previsto.

Finalmente agradeço às estagiárias que me acompanharam em algumas etapas do trabalho e especialmente à Carolina Ohana, que comigo ficou mais tempo e sem a qual a preparação de amostras e a análise de minerais teria sido um tanto mais complicada.



EFEITOS DE DIFERENTES PROCESSOS DE COZÇÃO NA ACEITAÇÃO E NO CONTEÚDO DE CAROTENOIDES, DE POTÁSSIO E DE SÓDIO EM HORTALIÇAS

RESUMO

O consumo de hortaliças e frutas está associado ao aumento de benefícios à saúde e vem diminuindo ao longo do tempo pela falta de apelo específico para a sua ingestão e pelos hábitos modernos de vida em que há crescente redução do hábito de cozinhar em casa. Os consumidores estão cada vez mais conscientes da saúde, porém têm menos tempo para preparar as refeições, e, muitas vezes, quando se propõem a fazê-lo, não sabem quais tempos e métodos de cozimento são mais adequados para preservar os nutrientes dos vegetais que consomem. Existe ainda uma lacuna com relação à orientação no que diz respeito a métodos de cocção que possam ultrapassar as barreiras do paladar e da seletividade alimentar, com vistas a estimular o consumo desses alimentos, indicando a necessidade de realização de mais pesquisas a respeito do tema. O objetivo deste estudo foi determinar o melhor método de cocção de hortaliças para manutenção de minerais e carotenoides. Os vegetais escolhidos foram brócolis (*Brassica oleracea*, var. *Italica*), cenoura (*Daucus carota*) e abobrinha menina brasileira imatura (*Cucurbita moschata*), porque estão entre as hortaliças mais consumidas no Brasil. Os métodos de cocção foram: imersão, vapor, forno combinado, vapor em micro-ondas e cocção em forno de micro-ondas. Amostras das hortaliças de cultivo orgânico e convencional foram preparadas em triplicata. Para a determinação do melhor tempo de cocção para cada hortaliça e técnica, teste de ordenação para textura foi realizado com 50 degustadores não treinados. Após a determinação do melhor tempo, as técnicas de cocção foram confrontadas por escala hedônica de 9 pontos para os atributos cor, sabor, textura, odor e aceitabilidade global. Os resultados sensoriais foram comparados com análise instrumental de cor e textura. Amostras dos melhores tempos de cocção foram analisadas para apuração da disponibilidade de carotenoides e dos minerais alvo no alimento cru e em cada uma das situações de cocção preconizadas, conforme normas técnicas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A extração de carotenoides foi conduzida segundo Rodriguez-Amaya, com modificações. Os tempos preferidos de cocção para a abobrinha foram: 12 minutos para imersão, vapor tradicional e micro-ondas vapor, 16 minutos em micro-ondas calor seco e 13 minutos para cocção em forno combinado. Para o brócolis: 8 minutos para imersão e micro-ondas calor seco, 10 minutos para vapor tradicional e vapor em micro-ondas e 15 minutos para o forno combinado. Para a cenoura: 10 minutos para imersão, vapor tradicional, vapor e calor seco em micro-ondas e 11 minutos para o forno combinado. Quanto ao uso de micro-ondas em menor potência e o forno combinado, eles foram os menos preferidos. O tratamento térmico melhorou a acessibilidade aos carotenoides, em maior proporção nas hortaliças de cultivo orgânico do que no convencional, exceção para a cenoura, em que a acessibilidade reduziu no cultivo orgânico, enquanto no convencional houve ligeiras reduções ou manutenção. Quanto ao sódio e potássio, houve ligeiras diferenças, ora em perdas, ora em acréscimos, entre as técnicas de cocção e os métodos de cultivo, porém, todas em pequenas proporções e poucas com significância estatística.

Palavras-chaves: métodos de cocção; minerais; carotenoides; abobrinha; brócolis; cenoura



EFFECTS OF DIFFERENT COOKING PROCESSES ON ACCEPTANCE AND CONTENT OF CAROTENOIDS, POTASSIUM AND SODIUM IN VEGETABLES

ABSTRACT

The consumption of vegetables and fruits is associated with health benefits. It has been decreasing over time due to a lack of specific intake and modern habits of life in which there is a growing reduction in the habit of cooking at home. Consumers are becoming more health conscious, but they have less time to prepare meals, and often when they set out to do so, they do not know which times and cooking methods are best suited to preserve plant nutrients. There is also a lack of guidance regarding cooking methods that can overcome taste barriers and food selectivity, with a view to stimulating the consumption of these foods, indicating the need for more research on the subject. The objective of this study was to determine the best cooking method for vegetables to maintain minerals and carotenoids. The chosen vegetables were broccoli (*Brassica oleracea*, var. *Italica*), carrot (*Daucus carota*) and Brazilian zucchini (*Cucurbita moschata*) because they are among the most consumed vegetables in Brazil. The cooking methods were: boiling, steaming, combined oven, steaming in microwave and dry heat in microwave oven. Samples of organic and conventional vegetables were prepared in triplicate. For the determination of the best cooking time for each vegetable and technique, texture ordering test was performed with 50 untrained tasters. After determining the best time, the cooking techniques were confronted by a 9-point hedonic scale for the attributes color, taste, texture, odor and overall acceptability. The sensorial results were compared with instrumental analysis of color and texture. Samples of the best cooking times were analyzed to determine the availability of carotenoids and target minerals in the raw food and in each of the recommended cooking situations, according to technical standards of the Adolfo Lutz Institute (2008). The extraction of carotenoids was conducted according to Rodriguez-Amaya, with modifications. The preferred cooking times for the zucchini were: 12 minutes for boiling, traditional steaming and microwave steaming, 16 minutes in dry heat microwave and 13 minutes for combined oven cooking. For broccoli: 8 minutes for boiling and microwave dry heat, 10 minutes for traditional steaming and steaming in microwave and 15 minutes for the combined oven. For carrot: 10 minutes for boiling, traditional steaming, steaming and dry heat in microwave and 11 minutes for the combined oven. As for the use of microwaves in less power and the combined oven, they were less preferred. The heat treatment improved accessibility to carotenoids, in a greater proportion in the organic vegetables than in the conventional ones, except for the carrot, in which the accessibility reduced in the organic cultivation, whereas in the conventional one there were slight reductions or maintenance. As for sodium and potassium, there were slight differences, sometimes in losses, sometimes in additions, among cooking techniques and cultivation methods; however, all in small proportions and few with statistical significance.

Keywords: cooking methods; minerals; carotenoids; zucchini; broccoli; carrot



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1. Quadro demonstrativo dos termos utilizados na pesquisa bibliográfica por base de dados consultada, com os resultados obtidos	33
Quadro 2. Critérios de classificação das publicações científicas constantes do Quadro 1.....	35
Quadro 3. Estudos sobre os efeitos das técnicas de cocção em abobrinha, brócolis e cenoura selecionados na pesquisa bibliográfica.....	44
Quadro 4. Classificação dos artigos de acordo com os critérios estabelecidos.....	47
Tabela 1. Classificação do tempo da preferência da textura por tempo de cocção e medição da textura em equipamento em cada método de cozimento.....	52
Tabela 2. Aceitação média e desvio padrão de hortaliças cozidas em diferentes métodos.....	57
Tabela 3. Índices de cor das hortaliças cruas e cozidas analisadas com o colorímetro ColorQuestXE.....	58
Tabela 4. Alterações no conteúdo dos carotenoides nas hortaliças, de acordo com o sistema de plantio e método de cocção.....	61
Tabela 5. Alterações de conteúdo de Potássio e Sódio nas hortaliças, de acordo com o sistema de cultivo e método de cocção.....	71



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
1.1. Bioacessibilidade x biodisponibilidade	12
1.2. Carotenoides.....	14
1.3. Potássio e sódio.....	19
1.4. Métodos de cultivo	23
CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS	31
2.1. Objetivo Geral.....	31
2.2. Objetivos Específicos.....	31
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1. Revisão bibliográfica.....	31
3.2. Tipo de estudo	36
3.3. Aquisição	36
3.4. Métodos de cocção.....	37
3.4.1. Determinação do tempo de cozimento ideal	38
3.4.2. Determinação do método de cozimento mais aceito	38
3.4.3. Análise estatística	39
3.5. Análise instrumental de textura e cor.....	39
3.5.1. Análisedetextura.....	39
3.5.2. Análisedecores	40
3.5.3. Análiseestatística	40
3.6. Determinação de minerais e carotenoides.....	41
3.6.1. Análisedeminerais	41
3.6.1.1. Preparação das amostras	41
3.6.1.2. Análise.....	41



3.6.2. Determinação de carotenoides totais.....	42
3.7. Análise dos dados	43
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1. Revisão bibliográfica inicial.....	43
4.1.1. Impacto do periódico onde foi realizada a publicação – Fator 1	47
4.1.2. Ano de publicação - Fator 2	48
4.1.3. Análises efetuadas - Fator 3	48
4.1.4. Variedade das técnicas de cocção - Fator 4	48
4.1.5. Variedade de hortaliças - Fator 5	49
4.1.6. Análise em triplicata - Fator 6	49
4.1.7. Técnica de análise das amostras - Fator7	50
4.1.8. Avaliação geral.....	50
4.2. Aceitação de textura de vegetais em diferentes técnicas de culinária.....	51
4.2.1. Características dos provadores.....	51
4.2.2. Determinação do tempo de cozimento ideal.....	51
4.2.2.1. Abobrinha.....	54
4.2.2.2. Brócolis.....	54
4.2.2.3. Cenoura.....	55
4.2.3. Determinação do método de cozimento mais aceito.....	56
4.3. Alteração do conteúdo de potássio, sódio e carotenoides em hortaliças submetidas a diferentes métodos de cocção.	60
4.3.1. Carotenoides	61
4.3.1.1. Abobrinha e brócolis.....	62
4.3.1.2. Cenoura.....	67
4.3.2. Potássio(K)eSódio(Na).....	70
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....	78
6. BIBLIOGRAFIA.....	81

EFEITOS DE DIFERENTES PROCESSOS DE COZÇÃO NA ACEITAÇÃO E NO CONTEÚDO DE CAROTENOIDES, DE POTÁSSIO E DE SÓDIO EM HORTALIÇAS

INTRODUÇÃO

A qualidade dos alimentos, a partir do ponto de vista de segurança nutricional, depende de uma série de variáveis do campo à mesa, incluindo a qualidade da matéria-prima, técnicas de processamento, embalagem e cocção.

A aplicação de calor durante o cozimento doméstico de alimentos engloba uma variedade de processos, tais como ferver (calor úmido), fritar (calor seco), assar (calor seco), estufar (calor misto) e cozinhar em micro-ondas (calor seco ou úmido) ou à vapor (calor úmido). Os alimentos são instáveis do ponto de vista termodinâmico, o que basicamente significa que, em princípio, a alteração de suas características intrínsecas não pode ser impedida; no entanto, a velocidade na qual ela ocorre pode ser influenciada (ARAÚJO et al., 2007; VAN BOEKEL et al., 2010).

Durante o processo de cocção, a aparência, a cor, o sabor e a textura podem melhorar ou piorar dependendo da adequação do tempo e da técnica utilizada (KALA; PRAKASH, 2006). A disponibilidade dos nutrientes existentes nos alimentos depende dos métodos de cozimento e das condições de pré-processamento; no entanto, o consumo de produtos hortícolas depende em grande parte do seu apelo sensorial ao invés da sua qualidade nutricional (BONGONI et al., 2014; KALA; PRAKASH, 2006). Atualmente muitos consumidores têm preferido alimentos de cultivo orgânico por acreditarem que eles possuem melhor sabor do que as suas contrapartes de cultivo convencional (ZHAO et al., 2007).

A literatura científica contém resultados que mostram que as perdas de nutrientes se diferenciam para tipos de nutrientes e métodos de cozimento, variando de acordo com o nutriente, a natureza dos alimentos e os métodos de aquecimento utilizados (KUMAR; AALBERSBERG, 2006). Diferenças globais na retenção de nutrientes entre métodos de cozimento podem ser usadas para determinar qual método de cocção melhor favorece a retenção de nutrientes (BERNHARDT; SCHLICH, 2006). Entretanto, o valor nutricional dos alimentos depende de muitos

fatores ambientais, bem como de práticas culturais no seu preparo, e a qualidade nutricional dos alimentos cultivados pela agricultura orgânica em comparação com a agricultura convencional. Esse é um tópico atual que atrai interesses e gera discussões e os consumidores que fazem essa escolha consideram os alimentos orgânicos não apenas como melhores, mas também como mais seguros, mais higiênicos e sem resíduos químicos e ingredientes artificiais (GAŚTOŁ et al., 2011).

Apesar do aumento da consciência com relação à saúde, os consumidores têm cada vez menos tempo para preparar as refeições, e, muitos deles não sabem quais tempos e métodos de cozimento são mais adequados para preservar os nutrientes dos vegetais que consomem (ZHOU et al., 2014). No entanto, apesar dessa preocupação, há registros da redução do consumo de hortaliças em todo o mundo, pela facilidade de compra de produtos prontos para comer e pela consequente perda do hábito de cozinhar em casa (SEGUIN et al., 2016).

No Brasil não é diferente, pois a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009 (BRASIL, 2011) mostrou que houve redução do consumo de hortaliças e frutas em todas as faixas de renda, porém, ela foi mais acentuada nas classes mais altas com relação à POF anterior - 2002-2003, sinalizando uma migração para o uso de produtos industrializados ou para a compra e/ou consumo de refeições fora de casa. Os dados do Vigitel (Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico) relativos ao consumo de hortaliças e frutas no período 2008-2014, indicaram aumento de consumo na faixa de 0,6% ao ano para uma amostra menor da população em relação à POF (BRASIL, 2015), porém, essa variação positiva é incipiente, sugerindo a necessidade de ações nesse sentido.

Tem havido também uma crescente preocupação em nível mais amplo com relação ao sistema de cultivo, pois já há alguma consciência de que o princípio da saúde é holístico em suas perspectivas, a saúde é mais do que um estado de não estar doente. "Solo saudável, plantas saudáveis, pessoas saudáveis" lema de muitas organizações de defesa da agricultura orgânica, baseia-se na ideia que os seres humanos são parte integrante dos sistemas naturais o que significa que os seres humanos são dependentes de tais sistemas, os quais quando danificados, gerarão repercussões negativas para a humanidade (KRISTIANSEN; MERFIELD, 2006).

Em decorrência desse entendimento, há também uma maior busca por alimentos de agricultura orgânica e os principais motivos alegados são saúde pessoal, qualidade do produto e preocupação com a degradação do ambiente natural; no entanto, essa percepção com relação à qualidade e saúde pessoal carece de suporte de pesquisas científicas (PEARSON et al., 2010) e é difícil encontrar trabalhos que tenham conseguido mostrar efetivamente a diferença do conteúdo de vitaminas e minerais nesses alimentos (JOHANSSON et al., 2014).

O possível impacto sobre a saúde humana, bem como sobre o meio ambiente, juntamente com o aumento da demanda do consumidor, são as principais razões porque alguns governos estabeleceram metas de quanto a agricultura orgânica deve aumentar em seus respectivos países. Em consonância com o movimento mundial e considerando que o crescimento da produção orgânica e de base agroecológica em todo o mundo é uma resposta à demanda da sociedade por produtos mais seguros e saudáveis, originados de relações sociais e de comércio mais justas, o Brasil lançou em 2013 o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo), com o objetivo de articular e implementar programas e ações indutoras da produção orgânica e de base agroecológica, como contribuição para o desenvolvimento sustentável, possibilitando à população a melhoria de qualidade de vida por meio da oferta e consumo de alimentos saudáveis e do uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2015).

O conhecimento da ocorrência das alterações organolépticas nos alimentos antes de sua ingestão, decorrentes do seu processamento, além do questionamento da existência de perda de nutrientes dos alimentos decorrente dos métodos de cultivo atuais leva ao questionamento quanto à possibilidade de métodos e técnicas de cocção utilizados no preparo de hortaliças induzirem alterações na disponibilidade de sódio, potássio e carotenoides e de o fazerem igualmente em produtos de cultivo convencional e orgânico.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Bioacessibilidade x biodisponibilidade

O acrônimo mnemônico “SLAMENGHI” foi desenvolvido como uma maneira conveniente de listar os principais contribuintes que afetam a biodisponibilidade dos carotenoides, porém, é válido para qualquer nutriente no que diz respeito à biodisponibilidade. SLAMENGHI, cuja origem são palavras em inglês, significa: espécie (**S***pecie*) de carotenóides, **L**igação molecular, quantidade (**A***mount*) de carotenóides consumidos em uma refeição, **M**atriz em que o carotenóide encontra-se incorporado, **E**fetores de absorção e bioconversão, estado **N**utricional do hospedeiro, fatores **G**enéticos, fatores relacionados ao **H**ospedeiro e **I**nterações matemáticas entre os fatores (CASTENMILLER; WEST, 1998).

Antes de se tornar biodisponível, os nutrientes ingeridos devem ser liberados da matriz alimentar e modificados no trato gastrointestinal (CARBONELL-CAPELLA et al., 2014). Hedrén et al (2002) ao apresentarem método de digestão *in vitro* (por entender que havia necessidade de um modelo *in vitro* que simulasse o trato digestivo humano) usando como modelo a cenoura, desejavam que o método avaliasse a quantidade de carotenoides que se tornaria acessível tanto de fontes alimentares diferentes quanto de alimentos submetidos a diferentes tratamentos alimentares. Cunhou-se o termo bioacessibilidade, definido como a fração de um nutriente disponível para absorção, ou seja, a quantidade de um nutriente que é liberado de sua matriz alimentar durante a digestão e tornado acessível para absorção na mucosa.

O conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina, principais componentes da matriz alimentar em hortaliças, varia em extensão diferenciada quando esses vegetais são submetidos a diferentes métodos de cocção conforme foi demonstrado em estudo que utilizou o método de imersão na sua forma tradicional, em micro-ondas e pressão, todos por 10 minutos e com a mesma proporção água/alimento. Foi encontrado para a cenoura (resultado semelhante para diversas hortaliças folhosas e frutos objeto do estudo), que na imersão convencional houve preservação de 88% de celulose, 74% de hemicelulose e que a lignina permaneceu intacta (REHMAN et al., 2003). Na pressão, foram preservados 68% de celulose, 63% da hemicelulose e 96% da lignina; no micro-ondas permaneceram 77% de celulose, 79% de hemicelulose e a lignina permaneceu inalterada (REHMAN et al., 2003).

Estudos mais recentes realizados com digestão de cenouras *in vivo* e *in vitro* encontraram que em decorrência da formação de ligações cruzadas da lignina com

moléculas de Ca^{2+} , que estabilizam a adesão celular, o cozimento de pedaços maiores de cenoura e com tratamentos mais brandos pode propiciar que a célula seja liberada em bloco inteiro, sem rompimento da parede, indicando que possivelmente o tamanho da partícula é mais importante que o tratamento térmico dado à hortalíça, atentando para o fato de que íons H^+ podem ser capazes de desestabilizar essas ligações cruzadas com o Ca^{2+} , sugerindo, portanto, que a adição de compostos ácidos durante a cocção ou antes da ingestão, podem melhorar a bioacessibilidade de nutrientes, esclarecendo que esses resultados, semelhantes aos encontrados por Rehman et. al. (2003), podem ser extrapolados para outras hortalíças (NG; WALDRON, 1997; TYDEMAN; PARKER; FAULKS et al., 2010; TYDEMAN; PARKER; WICKHAM et al., 2010).

Torna-se evidente, a partir desses estudos, que os componentes de fibras alimentares insolúveis, especialmente celulose e hemicelulose dos vegetais foram perdidos/transformados em vários níveis, dependendo do método de cozimento. No entanto, os teores de lignina dos vegetais permaneceram quase inalterados como resultado do cozimento, o que indica que a liberação de nutrientes contidos nos alimentos depende intrinsecamente de como se abrandam ou reduzem essas fibras, sendo por isso importante entender quais métodos de cocção tornam esses nutrientes mais disponíveis para serem absorvidos.

1.2. Carotenoides

Os carotenoides possuem reatividade química e características de absorção de luz distintas e nas plantas eles ocorrem universalmente nos cloroplastos de tecidos verdes, mas sua cor é mascarada pela clorofila (BRITTON, 1997). Com o aumento da intensidade da luz, aumenta a possibilidade de formar o estado de triplete de clorofila o qual é capaz de gerar oxigênio singlet (altamente reativo), como mecanismo de defesa. Todos os complexos de proteína de pigmento que contêm clorofila também contêm carotenoides com o objetivo de proteção das moléculas de clorofila (TELFER et al, 2008).

As folhas de praticamente todas as espécies contêm os mesmos carotenoides principais, porém, existe uma variação considerável no conteúdo total de carotenoides nas folhas de diferentes espécies e variedades (BRITTON, 1997). A

composição de carotenoides das folhas da maioria das espécies é similar quantitativamente, embora algumas mudanças sejam observadas em plantas sob estresse; os carotenoides também são amplamente distribuídos em tecidos não fotossintéticos de plantas e são responsáveis pelas cores amarelas, laranja e vermelhas de muitas flores e frutas e, nesses casos, estão normalmente localizados nos cromoplastos (BRITTON, 1997).

A capacidade de sintetizar e acumular carotenoides é determinada geneticamente, mas as composições e conteúdos reais de carotenoides também são altamente dependentes de condições ambientais e de cultivo. A composição de carotenoides dos alimentos é afetada por fatores como cultivar ou variedade, parte da planta consumida, estágio de maturidade, clima ou local geográfico de produção, colheita e manuseio pós-colheita, processamento e armazenamento, porém as diferenças de cultivares ou variedade podem ocorrer apenas com relação à composição quantitativa, porque essencialmente os mesmos carotenoides são encontrados nas diferentes variedades, conforme mencionado anteriormente com relação às folhagens (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Todos os tecidos das plantas verdes, não apenas folhas e caules, mas também frutas verdes e vagens e sementes de leguminosas, como feijões e ervilhas, são verdes devido à presença de clorofila nas estruturas fotossintéticas nos cloroplastos, nos quais os complexos de pigmento-proteína contendo clorofila também contêm carotenoides. Existe, porém, uma clara correlação: verde escuro indica uma alta população de cloroplastos e, portanto, uma alta concentração de carotenoides (BRITTON; KHACHIK, 2009).

Para entender por que os carotenoides de diferentes fontes de plantas têm diferentes graus de biodisponibilidade, é preciso considerar que, nas plantas, os carotenoides estão localizados em várias organelas e complexos em cloroplastos e cromoplastos (BRITTON; KHACHIK, 2009).

Os frutos verdes e não maduros contêm cloroplastos; à medida que amadurecem, esses pigmentos dos cloroplastos podem permanecer ou podem ser degradados; em muitos casos, no entanto, mudanças de cor ocorrem à medida que os frutos amadurecem e desenvolvem cromoplastos, organelas subcelulares que substituem os cloroplastos e podem ser derivados deles; a biossíntese é

geneticamente controlada e é ativada como característica fundamental do processo de amadurecimento (BRITTON; KHACHIK, 2009).

Nos cloroplastos, a maioria dos carotenoides acumula-se sob a forma de complexos de clorofila-carotenoide-proteína nas membranas de tilacoides associadas à antena fotovoltáica, mas em cromoplastos, quantidades significativas de carotenoides podem ser armazenadas em membranas, corpos oleosos ou outras estruturas cristalinas dentro do estroma (BRITTON; KHACHIK, 2009).

Classificação antiga e ainda válida atualmente destaca que os cromoplastos são subdivididos em vários tipos: globulares, tubulares, membranosos ou cristaloides de acordo com os elementos estruturais predominantes em seu estroma (glóbulos, túbulos, membranas ou cristais), o que interfere de forma marcante na sua bioacessibilidade/disponibilidade (SCHWEIGGERT; CARLE, 2017).

Os cristais em crescimento muitas vezes distorcem fortemente a forma do cromoplasto, particularmente quando estão presentes altas concentrações de carotenoides; em muitos casos são visíveis através de microscópio de luz, e foram observadas formas de fita, de agulha ou helicoidal e dentre os cromoplastos cristaloides os exemplos mais proeminentes são os ricos em β -caroteno e licopeno de raízes de cenoura laranja e frutos vermelhos de tomate, respectivamente (SCHWEIGGERT; CARLE, 2017). Nas cenouras, a concentração em tecidos externos (floema) é geralmente maior que a do núcleo interno (xilema) (BRITTON; KHACHIK, 2009), o que pode influenciar resultados de análises, dependendo do grau de maturidade da planta e das partes utilizadas no experimento.

A matriz dos alimentos é muitas vezes o principal fator que determina a biodisponibilidade, e a liberação de carotenoides desta matriz é considerada o primeiro passo necessário para facilitar a absorção; quanto mais a matriz alimentar é quebrada, maior a possibilidade de absorção de carotenoides (CANENE-ADAMS; ERDMAN JR, 2009). Os carotenoides em alimentos apresentam maior facilidade de extração após o processamento térmico, produzindo aumento na sua quantidade total em relação aos vegetais frescos, possivelmente decorrente da desnaturação mais eficiente dos complexos carotenoide-proteína (BRITTON; KHACHIK, 2009), sendo diretamente relacionado com a intensidade e duração do tratamento (ROCK et al., 1998). O processamento de alimentos também pode inativar enzimas

oxidantes que poderiam causar degradação de carotenoides, porém, o excesso de processamento térmico, pode alterar a estrutura de carotenoides, dificultando sua absorção; estima-se que a homogeneização ou o aquecimento podem aumentar a biodisponibilidade dos carotenoides em até seis vezes (CANENE-ADAMS; ERDMAN JR, 2009). No entanto, há indicação de que a extração de carotenoides no processo de digestão, dependente do pH dos sucos gástricos, é independente do processamento térmico (e até negativamente associado a esse aspecto), se as partículas submetidas para ingestão tiverem dimensões maiores (TYDEMAN et al., 2010a, 2010b).

A absorção de carotenoides envolve vários passos da quebra da matriz alimentar e liberação de carotenoides no lúmen do trato gastrointestinal através da sua incorporação em lipoproteínas linfáticas, isso inclui a ruptura mecânica e química da matriz alimentar, a dispersão em partículas de emulsão lipídica, a solubilização em micelas de sais biliares misturados, o movimento através da camada de água não agitada adjacente aos microvilos, a absorção pelo enterócito e a incorporação em lipoproteínas linfáticas (HEDRÉN; DIAZ; SVANBERG, 2002). Uma perturbação em qualquer ponto ao longo desta cadeia de eventos irá alterar a biodisponibilidade dos carotenoides (FURR; CLARK, 1997). Por meio da ruptura mecânica, que pode ser facilitada pelo cozimento, que abranda as fibras e com isso a estrutura celular, a área de superfície a ser atacada pelas enzimas digestivas aumenta e, assim, os carotenoides são mais facilmente liberados de sua matriz (HEDRÉN; DIAZ; SVANBERG, 2002).

Tecidos de vegetais crus podem permanecer quase intactos após a passagem pelo estômago e íleo (um dos exemplos típicos é a cenoura), mostrando que o processamento dos vegetais é uma forma de melhorar a absorção dos nutrientes que contêm (STAHL, 2002). Como os carotenoides em alimentos vegetais verdes encontram-se incorporados em complexos proteicos nos tilacoides dos cloroplastos, a degradação das paredes celulares muitas vezes rígidas, bem como das membranas dos cloroplastos e dos tilacoides e a desnaturação e degradação dos complexos proteína-pigmento por meio do uso de temperatura e também da homogeneização podem melhorar a dissolução de carotenoides liberados (SCHWEIGGERT; CARLE, 2017).

A matriz em que os carotenoides estão incorporados é um fator importante que determina sua biodisponibilidade. O processamento de alimentos pelo calor geralmente é conhecido por melhorar a digestibilidade de macronutrientes, como carboidratos e proteínas, suavizando e abrandando a matriz alimentar, aumentando assim a acessibilidade desses nutrientes às enzimas digestivas; esse amaciamento da matriz dos alimentos liberta os micronutrientes ligados a proteínas, facilitando assim sua absorção (PLATEL; SRINIVASAN, 2015). Em estudo incluindo cenoura (*Daucus carota*), abóbora (*Cucurbita maxima*), folhas de amaranto (*Amaranthus gangeticus*) e feno grego (*Trigonella foenum-graecum*) foi encontrado que, embora a bioacessibilidade do β -caroteno nas amostras tratadas tenha sido maior nas folhagens em relação aos vegetais carnudos crus (cenoura e abóbora), foi considerado que essa diferença poderia ser devido às desigualdades na alteração das matrizes dessas variedades de vegetais (folhas, frutas e raiz) como resultado do processamento térmico (VEDA et al., 2006).

Com o objetivo de melhor esclarecer o processo de bioacessibilidade dos carotenoides, Palmero et al. (2014), em análise isolada de cromoplastos (imersos em água deionizada, temperaturas de 65, 75, 85 e 95°C por 10 minutos), pequenos (40 a 250 μm) e grandes agregados (800 a 2000 μm) celulares de cenoura (imersos em óleo, temperaturas de 95, 105, 115 e 125°C por 25 minutos) e tomate (tamanhos diferentes de agregados) que foram submetidos a temperaturas diferenciadas, observaram que a concentração de carotenoides nas amostras não tratadas (cruas) foi maior do que nas submetidas a tratamento, independente do tempo e do tipo de estrutura analisada indicando que há perda da bioacessibilidade dos carotenoides quando a matriz alimentar é submetida a determinados tratamentos térmicos.

Nesse trabalho (PALMERO et al., 2014), a extração de carotenoides dos cromoplastos isolados submetidos a tratamentos térmicos não apresentou efeito significativo, apesar de as micrografias mostrarem que frações dos cromoplastos realmente foram depletadas do material da parede celular sendo observado que alguns cromoplastos ainda permaneciam intactos, enquanto outros pareciam quebrados com os cristais de carotenoides mergulhados no material subcelular. No entanto, estudo anterior (JEFFERY; HOLZENBURG; KING, 2012) mencionou que a membrana dos cromoplastos (de amostras cruas, homogeneizadas em solução salina e misturadas com iogurte como fonte de gordura), constituídas de finas

camadas de lipídeos são facilmente destruídas durante o processamento ou digestão. Porém, é importante lembrar que os cromoplastos de Palmero et al. (2014) receberam tratamento térmico submersos em água deionizada, sem qualquer adição de gordura, o que pode ter influenciado na extração dos carotenoides.

Ainda com relação ao trabalho de Palmero et al (2014), ao tratar as frações de agrupamento de células (pequenas e grandes) a temperaturas variando de 95 a 115°C, foi obtida uma diminuição significativa da bioacessibilidade *in vitro* de β -caroteno em comparação com a amostra crua, porém, ao tratar a amostra a 125°C, foi obtido um valor semelhante para a bioacessibilidade do β -caroteno como na amostra crua. Isso pode indicar que, a essa intensidade térmica, o β -caroteno se liberta desse aprisionamento, confirmando que são necessárias maiores intensidades de processamento térmico para superar o possível aprisionamento por componentes da parede celular, levando ao final a uma redução do efeito potencial da parede celular como uma barreira e que a intensidade do tratamento térmico é um fator importante a ser controlado para obter um aprimoramento da bioacessibilidade do carotenoide (PALMERO et al., 2014).

Os resultados desse trabalho parecem mostrar que de fato não há perdas de carotenoides nos processos de cocção, mas sim que essas estruturas receberam proteção extra de componentes da matriz celular e de organelas de forma a protegê-las da degradação, porém, isso não quer dizer que estejam disponíveis para serem absorvidos, pelo contrário, indicam que em alguns tratamentos térmicos a acessibilidade desses nutrientes pode ser dificultada. Aspecto importante a ser considerado quando a preocupação é a porção de carotenoides disponível para ser absorvido foi mostrado por Veda et al. (2006) em trabalho que analisou cenoura (raiz), abóbora (fruto) e folhas de amaranto e feno grego, que encontrou que a bioacessibilidade de carotenoides é independente da concentração desse fitoquímico na hortaliça.

1.3. Potássio e sódio

Com relação às plantas, um elemento essencial é definido como aquele cuja ausência impede que ela complete seu ciclo de vida ou que tenha um papel fisiológico claro; se as plantas recebem esses elementos essenciais, bem como a

energia da luz solar, elas podem sintetizar todos os compostos de que precisam para o crescimento normal (TAIZ; ZEIGER, 2002).

São elementos essenciais para as plantas aqueles obtidos por meio da água ou do CO₂, como hidrogênio, carbono e oxigênio; os macronutrientes obtidos do solo, por ordem de necessidade e concentração nas plantas: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e silício e os micronutrientes também obtidos do solo e em ordem de necessidade e concentração nas plantas: cloro, ferro, boro, sódio, manganês, zinco, cobre, níquel e molibdenio (TAIZ; ZEIGER, 2002).

Para um melhor entendimento, é importante saber as principais funções desses elementos nas plantas. O enxofre e o nitrogênio fazem parte de todos os compostos de carbono, ou seja, aquilo que identifica a planta como um ser vivo. São importantes no armazenamento de energia ou na integridade estrutural da planta o fósforo, o silício e o boro. Alguns nutrientes porém permanecem em sua forma iônica e estão envolvidos nas reações bioquímicas realizadas pelas plantas, especialmente pela sua participação nas mais variadas enzimas: potássio, cálcio, magnésio, cloro, manganês e sódio. Os elementos que estão envolvidos em reações de oxidoredução são o ferro, zinco, cobre, níquel e molibdenio (TAIZ; ZEIGER, 2002).

O conteúdo intracelular total de um íon reflete a capacidade da célula de acumular este íon contra o gradiente de concentração; evidência geoquímica combinada com os dados sobre a composição iônica geral das células modernas mostrou preferência universal por íons K⁺ sobre íons Na⁺; aparentemente, não é tanto a concentração real de K⁺ e Na⁺, mas a relação K⁺/Na⁺ de pelo menos 1 que é crítica para o bom funcionamento das células em geral. As células modernas podem manter os desequilíbrios iônicos porque suas membranas são estanques aos íons e contêm uma infinidade de complexos de proteínas translocadoras de íons incorporados à membrana, dependentes de energia (bombas de íons); conseqüentemente, as células investem grandes quantidades de energia para sustentar os respectivos gradientes iônicos (MULKIDJANIAN et al., 2012).

Os vacúolos desempenham vários papéis em muitos processos fisiologicamente relevantes nas plantas, sendo alguns dos mais proeminentes a provisão de turgor, o armazenamento de minerais e nutrientes e a sinalização celular e, para cumprir essas funções, suas membranas possuem transportadores e, dentre

esses, os canais de íons seletivos e não seletivos participam da regulação do turgor, do armazenamento de nutrientes e da sinalização (ISAYENKOV; ISNER; MAATHUIS, 2010).

O potássio é o principal controlador osmótico iônico nas células da planta e ocorre em dois compartimentos principais, no vacúolo e no citosol. O *pool* vacuolar é o maior e o K^+ neste compartimento tem uma função puramente biofísica - a redução do potencial osmótico da seiva para gerar turgor e impulsionar a expansão celular. Em contraste, o K^+ no citosol tem papéis osmóticos e bioquímicos. Quando o suprimento de K^+ externo diminui de suficiência para deficiência, o comportamento das concentrações de K^+ em cada um desses compartimentos é considerado diferente; no citosol permanece relativamente constante para manter a taxa de processos dependentes de K^+ , enquanto que no vacúolo declina com outros íons com capacidade osmótica substituindo-o para manter o turgor. Considera-se que a concentração de K^+ citosólico declina apenas quando a concentração vacuolar de K^+ foi reduzida a algum valor mínimo abaixo do qual não cairá; as conseqüentes mudanças no K^+ citosólico podem hipoteticamente causar uma diminuição da taxa de processos bioquímicos e, portanto, um declínio no crescimento (WALKER; LEIGH; MILLER, 1996).

O potássio (K^+) é um dos macronutrientes essenciais necessário para a saúde das plantas, constituindo até 10% do seu peso seco; desempenha papéis críticos e além do controle da homeostase iônica e da osmorregulação está envolvido no metabolismo das proteínas, na atividade enzimática, na polarização da membrana e em vários outros processos metabólicos. Além disso, processos fisiológicos fundamentais nas plantas, incluindo fotossíntese, fotorrespiração e crescimento, são fortemente afetados pela disponibilidade de K^+ (MASER; GIERTH; SCHROEDER, 2002; SHIN, 2014).

O citosol e o vacúolo são os compartimentos intracelulares mais importantes que determinam as relações iônicas das células vegetais. O potássio é acumulado passivamente tanto pelo citosol como pelo vacúolo, exceto quando as concentrações extracelulares de K^+ são muito baixas, caso em que é realizado transporte ativo do citosol e vacúolos para o meio extracelular (TAIZ; ZEIGER, 2002).

A concentração citosólica de potássio está sob controle homeostático bastante rigoroso e é mantida por fluxos de solução de e para o solo, bem como de e para o *pool* de armazenamento no vacúolo; o *pool* vacuolar de K^+ é muito mais dinâmico do que o do citosol, ganhando e perdendo o potássio, como requerido para manter a homeostase citosólica do K^+ (BRITTO; KRONZUCKER, 2008).

O sódio (Na) é um elemento não essencial para o crescimento da planta e o mecanismo molecular do seu sistema de transporte não é tão bem definido quanto o de potássio. O acúmulo de Na^+ no solo por meio da irrigação para a produção sustentável de culturas agrícolas, particularmente em terras áridas, e por mudanças nas condições ambientais e climáticas pode levar ao acúmulo de níveis tóxicos de sais no solo. O estresse da salinidade para a maioria das espécies de plantas é principalmente o aumento do estresse osmótico citoplasmático e da toxicidade específica de íons e a sobreacumulação de Na^+ no citosol que provoca inibição da síntese de proteínas e de muitas reações enzimáticas e processos fotossintéticos e a sua exclusão dos órgãos fotossintéticos é crucial para a manutenção de um metabolismo adequado e uma fixação eficiente do carbono (YAMAGUCHI; HAMAMOTO; UOZUMI, 2013).

O cátion de sódio (Na^+), intimamente relacionado ao de potássio, em geral não cumpre funções fisiológicas, porém, pode substituir o potássio em algumas situações específicas, particularmente em suas funções osmóticas no vacúolo; assim, na carência de K^+ , a adição de Na^+ pode realmente promover o crescimento da planta; porém, o Na^+ pode exercer efeitos benéficos sobre o crescimento da planta, mesmo quando o suprimento de K^+ não é limitante e, também, pode melhorar o equilíbrio de água da planta (osmorregulação). No entanto, o Na^+ apresenta características multifatoriais de toxicidade, incluindo estresse osmótico, inibição de enzimas vitais e competição com o K^+ (MASER; GIERTH; SCHROEDER, 2002; YAMAGUCHI; HAMAMOTO; UOZUMI, 2013).

A medida na qual o Na^+ pode substituir K^+ varia entre diferentes espécies de plantas, diferentes cultivares da mesma espécie, e mesmo entre diferentes folhas da mesma planta - as folhas mais jovens dependem mais de K^+ do que as mais antigas (BRITTO; KRONZUCKER, 2008; MASER; GIERTH; SCHROEDER, 2002). O sódio, assim como o potássio, é bombeado ativamente do citosol para os espaços extracelulares e vacúolos.

Muitos íons diferentes permeiam as membranas das células vivas simultaneamente, mas K^+ , Na^+ e Cl^- têm as maiores concentrações e maiores permeabilidades nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2002). Em suma, o potássio é marcadamente um íon intracelular, enquanto o sódio é um íon mais de domínio extracelular, portanto, a bioacessibilidade desses nutrientes tem comportamento diferenciado.

O potássio e o sódio são absorvidos pelas plantas na forma catiônica (K^+ e Na^+) e mantêm-se nesta forma; eles não são metabolizados e formam complexos instáveis com ligações fracas, assim, a quantidade da fração solúvel desses nutrientes aproxima-se da fração total na planta e pode ser um indicativa do adequado estado nutricional da cultura, pois o teor de nutrientes nos tecidos vegetais reflete sua real disponibilidade no solo, porque existe relação direta entre o fornecimento de um nutriente pelo solo ou por um fertilizante e sua concentração na planta e suas partes. E há relação também direta entre essa concentração e a produção da cultura, porém esses resultados podem estar sujeitos a limitações, tais como: épocas de amostragem, interpretação, contaminação da amostra, e deficiências e excessos de nutrientes (BERNARDI; OKA; DE SOUZA, 2010).

1.4. Métodos de cultivo

De acordo com a Federação Internacional de Movimentos de Agricultura Orgânica (IFOAM) e outras organizações relevantes, o termo "alimentos cultivados organicamente" designa produtos que foram produzidos de acordo com os princípios e práticas da agricultura orgânica as quais são abrangentes e procuram promover o desenvolvimento de um sistema de produção de alimentos social, ecológica e economicamente sustentável. Os principais princípios e práticas da produção de alimentos orgânicos visam encorajar e melhorar os ciclos biológicos no sistema de cultivo para manter e aumentar a fertilidade dos solos em longo prazo, minimizar todas as formas de poluição, evitar o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, para manter diversidade genética do sistema de produção, para considerar o impacto social e ecológico mais amplo do sistema de produção e processamento de alimentos e produzir alimentos de alta qualidade em quantidade suficiente (BOURN; PRESCOTT, 2002).

É importante mencionar que as diferenças esperadas em valores nutricionais de alimentos de cultivo orgânico e convencional repousam sobre os estresses aos quais são submetidos esses produtos, que podem ser de natureza abiótica ou biótica. A maioria dos estresses abióticos críticos para as culturas de vegetais inclui a seca, as inundações, a salinidade, o pH adverso do solo, a toxicidade e/ou deficiência nutricional e as contaminações por metais pesados, mas também o estresse de temperatura e os níveis sub-ótimos de luz e/ou de CO₂. O estresse biótico é representado pela competição com ervas daninhas, pelos agentes patogênicos do solo e pelas doenças fúngicas e bacterianas das sementes. Em princípio, cada uma dessas tensões e suas combinações afetam o crescimento das plantas, tanto em sistemas de cultivo orgânico como convencional, embora com uma magnitude diferente, em decorrência dos meios de controle possíveis de serem utilizados em cada uma delas e, por isso, podendo representar estímulo ou impedimento para a biossíntese de nutrientes, de acordo com o tipo de metabolismo que recebe maior demanda (ORSINI et al., 2016).

Os biólogos costumam dividir o metabolismo das plantas em primário e secundário, em que o metabolismo primário é responsável pelas funções básicas, como crescimento e reprodução, enquanto o secundário é responsável pela diversificação funcional da planta, como defesa ou aparência. Os dois tipos de metabolismo estão permanentemente ativos, em geral associados ao metabolismo primário os açúcares, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais; os metabólitos secundários das plantas incluem compostos como fenóis, flavonóides e glicosinolatos, entre outros (MIE; WIVSTAD, 2015).

A abundância de nutrientes das plantas (nitrogênio, fósforo, potássio = NPK) pode influenciar o equilíbrio entre metabolismo primário e secundário; a maior abundância de nutrientes geralmente provoca uma mudança para o metabolismo primário (às vezes referido como hipótese de equilíbrio de diferenciação de crescimento); esta é uma das razões pelas quais as culturas convencionais e orgânicas podem ser diferentes em sua composição (BRANDT et al., 2011; BRANDT; MØLGAARD, 2006; DANGOUR, Alan D et al., 2009; GRINDER-PEDERSEN et al., 2003; HALWEIL, 2007; HEATON, 2001; MAGKOS et al., 2003; MIE; WIVSTAD, 2015; REEVE et al., 2016).

No entanto, as plantas (como todos os organismos vivos) são homeostáticas, ou seja, são capazes de manter suas funções em uma variedade de condições ambientais e tanto os agricultores convencionais como os orgânicos se esforçam para o crescimento e a saúde ótimos nas suas culturas, e dentro do alcance das condições ambientais (diferentes regimes de fertilização), as plantas desenvolvem-se igualmente em ambos os sistemas de produção; este é um argumento teórico sobre o qual as culturas convencionais e orgânicas podem ser semelhantes ou idênticas na sua composição (MIE; WIVSTAD, 2015).

A questão do metabolismo secundário, enquanto mecanismo de defesa, é extensamente analisada em diversos estudos, porém, Brandt et al (BRANDT; MØLGAARD, 2001) fazem uma análise bastante minuciosa a respeito das possíveis agressões sofridas por vegetais em cultivo orgânico e convencional e, de certa forma, mostram que essa situação é bastante relativa, o que é corroborada por outros trabalhos seus e de outros autores (BRANDT et al., 2011; BRANDT; MØLGAARD, 2006; DANGOUR et al., 2009; SMITH-SPANGLER et al., 2012). A resposta ao tipo de cultivo, no que diz respeito ao metabolismo primário, é analisada de forma extensa em estudos específicos, revisões e metanálises com conclusões as mais variadas, porém, os mais recentes, com o uso de técnicas estatísticas diferenciadas, acabaram por concluir que pode realmente haver diferença em favor do cultivo orgânico no que diz respeito ao conteúdo de algumas vitaminas e minerais (D'EVOLI et al., 2016; HUNTER et al., 2011; ORSINI et al., 2016).

Por outro lado, há a alegação de que os vegetais de consumo na alimentação vêm perdendo nutrientes ao longo do tempo, culpabilizando-se a agricultura convencional em decorrência do privilégio do rendimento das colheitas sobre o seu conteúdo nutricional (HALWEIL, 2007; JARRELL; BEVERLY, 1981; REEVE et al., 2016; WHITE; BROADLEY, 2005). No entanto, estudo com 23 variedades de brócolis antigas e modernas (diferentes genótipos e classes genotípicas - cultivares antigas e modernas, cultivares abertas polinizadas e híbridas F1, cultivares de maturação precoce e tardia e entre diferentes fontes de sementes comerciais), com as principais variáveis envolvidas no cultivo devidamente controladas, indicaram que o genótipo foi a principal fonte de variação total, não havendo interferência do uso de híbridos ou não, assim como do tipo de cultivo (RENAUD et al., 2014). Estudo com semelhante rigor foi realizado com cenouras e a conclusão foi de que a diferença

climática teve interferência na produção de compostos do metabolismo secundário e, em algumas situações, em maior quantidade quando o cultivo foi orgânico, porém a conclusão foi de que os alimentos vegetais contêm uma grande diversidade de compostos bioativos que podem ser afetados pelo genótipo e também respondem de forma diferente ao ambiente da planta, dependendo do metabólito específico envolvido (VALVERDE et al., 2015).

No entanto, alega-se que algumas análises podem não ser consistentes, pois os resultados podem ser grandemente afetados pelo tempo em que o terreno está sendo manuseado de forma orgânica (a quantidade de matéria orgânica presente e o balanço de nutrientes), assim como a cobertura do solo, o local geográfico, o padrão de água, e métodos peculiares a cada produtor (CRINNION, 2010), o que nem sempre é observado.

Outro motivo alegado para as dificuldades em avaliar as diferenças da produção de vitaminas, minerais e outros compostos entre os vegetais de cultivo orgânico e convencional é porque as análises em geral são realizadas tomando por base a matéria seca e não o peso em base úmida e os vegetais orgânicos parecem conter menos água do que os convencionais. Dessa forma, o conteúdo analisado será diluído de forma diferente, de certa forma, igualando os produtos, apesar de suas diferenças (BERNACCHIA et al., 2016; BOURN; PRESCOTT, 2002; BRANDT; MØLGAARD, 2001; JUROSZEK et al., 2009; LESTER; SAFTNER, 2011; WOESE et al., 1997); no entanto, o uso mais racional do nitrogênio no cultivo convencional poderá dar um contorno diferente a essa situação, já que é o seu conteúdo que levaria à maior dissolubilidade dos nutrientes, pela possível maior absorção de água (BOURN; PRESCOTT, 2002).

O interessante é que, no decorrer de várias publicações analisando as diferenciações dos tipos de cultivo sob os mais variados aspectos, Brandt et al. (2006) assinalaram que há dois ou quinze anos atrás, dependendo do país, uma proporção substancial dos alimentos orgânicos comercializados não correspondia aos padrões comerciais convencionais em termos, por exemplo, de tamanho e defeitos, enquanto hoje, a maioria dos alimentos orgânicos se assemelha superficialmente aos produtos convencionais e questiona se isso seria uma melhoria da qualidade ou não, mas acentua que isso significa que os resultados dos estudos de pesquisa realizados antes dessa transição provavelmente não serão relevantes

hoje. Essa posição é corroborada em metanálise realizada em 2012, em que os resultados sugerem que os sistemas orgânicos de hoje podem quase rivalizar em qualidade, aparência, e rendimentos dos convencionais em alguns casos (SEUFERT et al., 2012) o que parece ser confirmado por estudo na Grécia que encontrou maior rendimento na cultura orgânica da alface romana em relação à de cultivo convencional, porém, sem os mesmos resultados para a cebolinha (KAPOULAS et al., 2017).

Em 2011, a mesma autora, com outra associação de coautores (BRANDT et al., 2011) concluiu que a quantidade de dados sobre diferenças de composição entre frutas e vegetais produzidos organicamente e convencionalmente seria no momento suficiente para não apenas detectar diferenças significativas, mas também estimar sua magnitude com precisão razoável, aduzindo que as diferenças observadas são que o conteúdo de metabólitos secundários é aproximadamente 12% maior em produtos orgânicos do que em amostras convencionais correspondentes, com uma diferença maior para compostos relacionados à defesa e sem diferença no que diz respeito aos carotenoides.

As altas taxas de adubo nitrogenado, além do aumento do conteúdo de água nos vegetais, demonstraram limitar a absorção de cálcio; da mesma forma, demonstrou-se que a dependência de fertilizantes à base de amônio limita a absorção de nutrientes catiônicos em solos ácidos e diminui o teor de carboidratos nos vegetais de raízes (REEVE et al., 2016). Por outro lado, se houver aplicações de matéria orgânica em quantidade superior à necessária pode ocorrer a acumulação excessiva de P, K e Na que interferem na absorção ou utilização de outros nutrientes; por exemplo, o cálcio pode ser substituído em locais de ligação por metais pesados, alumínio, Na e prótons; excessos de P aumentam o teor de fitato vegetal e podem promover deficiências de Zn; e o consumo de luxo de K (aquele que não é necessário e só está sendo absorvido porque existe em excesso) interfere na absorção de cálcio e de magnésio (REEVE et al., 2016).

Com relação ao teor de vitaminas e minerais, os solos cultivados de forma orgânica são frequentemente caracterizados por biomassa microbiana alta, carbono facilmente mineralizável, respiração microbiana, fosfatase e desidrogenase e alguns desses atributos de qualidade do solo desempenham um papel fundamental na biossíntese de certas vitaminas e fitoquímicos encontrados em frutas (MDITSHWA et

al., 2017) e demais vegetais (WORTHINGTON, 2001). Apesar de vários estudos sugerirem que os sistemas de cultivo orgânico promovam o aumento do conteúdo mineral (BILLARD et al., 2014; BRANDT; MØLGAARD, 2006; D'EVOLI et al., 2016; HALWEIL, 2007)(BILLARD et al., 2014; BRANDT; MØLGAARD, 2006; D'EVOLI et al., 2016; HALWEIL, 2007), a grande parte dos estudos relata que as diferenças são pequenas ou inexistentes (DANGOUR et al., 2009; JOHANSSON; HUSSAIN; KUKTAITE; ANDERSSON, 2014; MDITSHWA et al., 2017; MIE; KESSE-GUYOT; KAHL; REMBIALKOWSKA et al., 2016).

Com relação aos carotenoides, há discordâncias, porém, parece-nos que os estudos que indicam que as frutas e hortaliças de cultivo convencional produzem mais carotenoides fazem mais sentido, pois como é um fitoquímico inerente à função dos cloroplastos, parece lógico que o tipo de cultivo que mais incentiva o aumento dos cloroplastos seja também a que produziria mais carotenoides. Nesse caso, o cultivo convencional em teoria ocasionaria maior produção de carotenoides, pois seria a maior disponibilidade de nitrogênio que ocorre nesse tipo de plantio que poderia causar o aumento dos cloroplastos e, conseqüentemente, de carotenoides (BENBROOK; ZHAO; YÁÑEZ, 2008; BERNACCHIA; PRETI; VINCI, 2016; MDITSHWA et al., 2017).

No entanto artigo de revisão mostrou que o aumento de carotenoides poderia ser também decorrente do uso de pesticidas e ao mesmo tempo citou estudos que encontraram a redução de carotenoides pelos mesmos motivos e até a sua não alteração (BOURN; PRESCOTT, 2002), nesse caso citando algumas mudanças climáticas que poderiam ter ocasionado esses resultados, o que é possível, considerando que a produção de carotenoides é também em função da exposição à luz. Também foi encontrado em análise de cenouras, em que houve controle de variáveis importantes, que não ocorreu variação significativa com o uso de diferentes métodos de cultivo (SØLTOFT et al., 2011).

Os pesticidas sintéticos compreendem uma variedade de substâncias químicas bioativas, e uma proporção considerável destes possui propriedades neurotóxicas, perturbadoras do sistema endócrino, cancerígenas e/ou tóxicas; as exposições relacionadas à produção de culturas convencionais (ou seja, exposição ocupacional ou de deriva por pulverização) foram relacionadas a um risco aumentado de algumas doenças, como Parkinson, diabetes tipo 2 e certos tipos de

câncer, incluindo linfoma não-Hodgkin e leucemia ou linfoma infantil (MIE; KESSE-GUYOT; KAHL; REMBIALKOWSKA et al., 2016).

No que diz respeito aos defensivos agrícolas, não há discordância, apenas alguns autores tentam de alguma forma minimizar os riscos envolvidos no consumo de vegetais de cultivo convencional sendo que alguns outros não deixam de realçar que o único benefício totalmente inequívoco dos alimentos orgânicos é a redução da contaminação por resíduos de pesticidas (BRANDT, K et al., 2011; SEUFERT; RAMANKUTTY, 2017; SMITH-SPANGLER et al., 2012).

Em análise de resíduos de pesticidas em trabalhadores agrícolas na região do Oporto, em Portugal, resultados obtidos mostraram que os pesticidas são capazes de induzir genotoxicidade a qual foi evidenciada pelos resultados em diferentes biomarcadores e também de causar alterações significativas na porcentagem de linfócitos B (COSTA et al., 2014).

Também foi analisada a presença de pesticidas em diferentes partes da beterraba e do relato consta que cascas, folhas e talos contêm pesticidas, porém, na beterraba cozida, a presença de pesticidas não foi observada, provavelmente porque o tratamento térmico (cozimento por imersão) levou à lixiviação dessas substâncias, por isso há o alerta para problemas que podem surgir com a ingestão da água utilizada para cozinhar hortaliças de cultivo convencional; portanto, as partes de beterraba, como folhas e cascas, são mais seguras quando cozidas, porém, a água não deve ser aproveitada (ROSSETTO et al., 2009).

Adicionalmente há o alerta de que os produtos orgânicos não estão completamente isentos de pesticidas sintéticos e os possíveis motivos para isso incluem erros de rotulagem ou violação de métodos orgânicos, mas provavelmente a presença de pesticidas deve-se à contaminação ambiental inevitável de pesticidas transportados pelo vento, suprimentos de água contaminados ou resíduos persistentes de pesticidas em solos anteriormente utilizados para cultivar culturas convencionais (CHEN; OPARA, 2013; TURON et al., 2014).

No entanto, em análise realizada no Rio de Janeiro com produtos certificados não foi encontrada contaminação superior à máxima permitida para esse tipo de cultura (TURON et al., 2014). Análises realizadas na Itália também tiveram o mesmo resultado (TASIOPOULOU et al., 2007), além de uma revisão de 2009 (LAIRON,

2009), que sumariza relatório da Agência Francesa de Segurança Alimentar (AFSSA), ter encontrado que 94 a 100% dos alimentos orgânicos não contêm resíduos de pesticidas.

Na já mencionada análise realizada por Brandt et al (BRANDT et al., 2011) concluiu-se que os metabólitos secundários são responsáveis pelo efeito promotor da saúde proporcionado pelo consumo de frutas e hortaliças. Isso significa que a mudança para o produto orgânico beneficiaria a saúde com um correspondente aumento de 12% na ingestão desses vegetais e, com base no pressuposto de que o aumento do teor de compostos biologicamente ativos em frutas e hortaliças em 12% seria equivalente a aumentar a ingestão desses vegetais nos mesmos 12%, um modelo desenvolvido para calcular o resultado da saúde em aumentar a ingestão de frutas e de hortaliças foi utilizado para estimar o aumento potencial da expectativa de vida que seria alcançado ao mudar do produto convencional para o orgânico, sem alterar a quantidade consumida por dia, concluindo que seria de 17 dias para as mulheres e 25 dias para os homens.

Entretanto, apesar de algumas revisões terem encontrado melhores resultados para a saúde com o uso de produtos orgânicos, há um viés que não pode ser ignorado e que foi considerado nesses trabalhos; observou-se que os consumidores que preferem alimentos orgânicos têm padrões alimentares saudáveis de forma geral, incluindo um maior consumo de frutas, hortaliças, grãos integrais e leguminosas e menor consumo de carne, o que leva a algumas dificuldades metodológicas para separar o efeito potencial da preferência alimentar orgânica do efeito potencial de outros fatores de estilo de vida associados, pois esses padrões alimentares em outros contextos foram associados a um menor risco de várias doenças crônicas, incluindo diabetes e doenças cardiovasculares (MDITSHWA et al., 2017). Por conseguinte, espera-se que os consumidores que comem regularmente alimentos orgânicos tenham um risco diminuído destas doenças em comparação com pessoas que consomem alimentos produzidos convencionalmente como consequência de padrões alimentares (MDITSHWA et al., 2017; MIE; KESSE-GUYOT; KAHL; REMBIAŁKOWSKA et al., 2016; MIE; WIVSTAD, 2015).

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar o melhor método de cocção de hortaliças para manutenção de minerais e carotenoides com base na aceitação sensorial.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar o tempo de cocção das hortaliças estudadas.

Determinar a preferência do consumidor com relação à aceitação do método de cocção das hortaliças estudadas.

Determinar a concentração de minerais e carotenoides em hortaliças *in natura* sob cultivo tradicional e orgânico.

Determinar a concentração de minerais e carotenoides em hortaliças, após submetidas à cocção em diferentes métodos.

Avaliar o efeito do método de cocção na acessibilidade de minerais e carotenoides.

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Revisão bibliográfica

Previamente à escolha das técnicas de cocção a serem utilizadas neste trabalho, foi realizada revisão da literatura que abordasse técnicas de cocção das hortaliças escolhidas, contemplando os nutrientes objeto da pesquisa (sódio, potássio e carotenoides totais). Com o objetivo de ampliação dos conhecimentos a respeito da retenção dos nutrientes potássio, sódio e carotenoides em abobrinha, brócolis e cenoura submetidos a diferentes processos de cocção, foi realizada revisão de literatura do tipo integrativo nas bases de dados eletrônicas: Pubmed, Scielo, Science Direct, Web of Science e Willey on line library. A busca foi realizada em língua inglesa e com o objetivo de obtenção do maior número possível de publicações, em bases de dados que possuíam recursos, ela foi realizada com

termos simples que depois foram combinados entre si. Os termos utilizados estão consubstanciados no Quadro 1.

A pergunta que se desejava responder com esse trabalho era se métodos e técnicas de cocção utilizados no preparo de hortaliças induziriam alterações na disponibilidade de sódio, potássio e carotenoides e se o faziam igualmente em produtos de cultivo convencional e orgânico.

As técnicas de cocção incluídas na busca foram imersão, vapor tradicional, calor seco em micro-ondas, vapor em forno combinado e em micro-ondas e considerando que, conforme informações constantes dos sites dos principais fabricantes, o forno combinado entrou realmente no mercado a partir do ano 2000, todas as pesquisas foram realizadas a partir de 01.01.2000. Foram considerados todos os artigos que tratavam das hortaliças desejadas e que abrangiam a análise de minerais e carotenoides, independentemente das técnicas de cocção, as quais foram consideradas apenas quando foram eliminados os artigos que não tratavam de nenhuma das técnicas de cocção, de alguma das hortaliças e/ou dos nutrientes-alvo.

Quadro 1 – Quadro demonstrativo dos termos utilizados na pesquisa bibliográfica por base de dados consultada, com os resultados obtidos

Base de dados	Termos pesquisados	Encontrados	Excluídos	Atenderam ao escopo
Pubmed	<i>(carrot[Text Word]) AND cook*[Text Word] – 2000 – 2016</i>	66	66	0
	<i>(zucchini[Text Word]) AND cook*[Text Word] – 2000 – 2016</i>	12	12	0
	<i>(broccoli[Text Word]) AND cook*[Text Word] – 2000 – 2016</i>	85	79	6
Scielo	<i>cooking [Todos os índices] and mineral [Todos os índices]</i>	17	16	1
	<i>cooking [Todos os índices] and carotene [Todos os índices]</i>	11	11	0
	<i>cooking [Todos os índices] and vegetable [Todos os índices]</i>	17	15	0
Science Direct	<i>(pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(cooking) and TITLE-ABSTR-KEY(carrot)) AND (pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(mineral) or TITLE-ABSTR-KEY(caroten*))</i>	14	13	1
	<i>(pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(cooking) and TITLE-ABSTR-KEY(broccoli)) AND (pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(mineral) or TITLE-ABSTR-KEY(caroten*))</i>	12	10	2
	<i>(pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(cooking) and TITLE-ABSTR-KEY(zucchini)) AND (pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(mineral) or TITLE-ABSTR-KEY(caroten*))</i>	1	1	0
	<i>pub-date > 2000 and TITLE-ABSTR-KEY(cooking) and TITLE-ABSTR-KEY(zucchini)</i>	9	9	0
Web of Science	<i>(zucchini carrot broccoli) Refinado por: Tipos de documento: (ARTICLE) AND Áreas de pesquisa: (FOOD SCIENCE TECHNOLOGY OR NUTRITION DIETETICS OR AGRICULTURE OR SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS OR BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOGY) – 2000-2016</i>	15	12	0
Wiley on line Library	<i>COOKING in FullText AND VEGETABLE in FullText AND CAROTEN* in FullText AND MINERAL in FullText AND CARROT in FullText between years 2000 and 2016</i>	217	211	1
	<i>COOKING in FullText AND VEGETABLE in FullText AND CAROTEN* in FullText AND MINERAL in FullText AND BROCCOLI in FullText between years 2000 and 2016</i>	154	150	1
	<i>COOKING in FullText AND VEGETABLE in FullText AND CAROTEN* in FullText AND MINERAL in</i>	18	18	0

	<i>FullText AND ZUCCHINI in FullText between years 2000 and 2016</i>			
TOTALS		661	634	14

Para permitir avaliação objetiva dos artigos encontrados, foram elaborados critérios para classificação das publicações selecionadas, conforme Quadro 2.

Quadro 02 –Critérios de classificação das publicações científicas constantes do Quadro 1

1. Classificação no QUALIS - Nutrição	Padronização da qualidade dos artigos por meio da classificação do periódico no QUALIS - NUTRIÇÃO	O ranking do QUALIS indica a importância do periódico para a área de conhecimento, sua abrangência e qualidade das suas publicações	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - 100 pontos • A2 - 85 pontos • B1- 70 pontos • B2 – 50 pontos • B3 – 30 pontos • B4 – 20 • B5 – 0 • Não cadastrado - 0
2. Ano de publicação	Artigos publicados a partir do ano 2000	O forno combinado só entrou realmente no mercado a partir do ano 2000 e quanto mais recente o artigo, maior a atualidade das técnicas empregadas	<ul style="list-style-type: none"> • 2015/2016 - 100 pontos • 2013/2014 - 85 pontos • 2011/2012 - 70 pontos • 2009/2010 - 50 pontos • 2007/2008 - 30 pontos • <Antes de 2007 - 10 pontos
3. Análises efetuadas	Se dosagem de minerais e carotenoides ou apenas um deles	Os tipos de análises efetuadas são indicadores da qualidade e grau de dificuldade do trabalho realizado	<ul style="list-style-type: none"> • Carotenoides – 50 Pontos • Minerais – 50 Pontos • Minerais e carotenoides – 100 Pontos
4. Técnicas de cocção	Se utilizou uma técnica ou mais ou variações de tempo, temperatura, volume de água	A variedade das técnicas de cocção utilizadas, bem como as variações de tempo, temperatura e volume de água dão a medida da abrangência do trabalho realizado e do grau de dificuldade da sua realização	<ul style="list-style-type: none"> • 20 pontos por técnica utilizada, por ponto de início do cozimento, por hortaliça* • 20 pontos por volume de água utilizada na mesma técnica, por ponto de início do cozimento, por hortaliça * • 20 pontos por cada tempo de cocção utilizado, por ponto de início do cozimento, por hortaliça, em cada técnica * <p>* Fresco ou congelado</p>

5. Variedade de hortaliças	Variedade de hortaliças e ponto* a partir do qual foram testadas *frescas ou congeladas	A variedade de hortaliças testadas dá a dimensão do grau de dificuldade do trabalho realizado e da sua abrangência, quando associado aos demais fatores	<ul style="list-style-type: none"> • 20 pontos por hortaliça crua • 20 pontos por hortaliça congelada ou branqueada
6. Análise em triplicata	Padronização da qualidade dos resultados	A realização da análise de amostras em triplicata é indicador da qualidade e abrangência dos resultados obtidos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizado em triplicata – 100 pontos • Não realizado em triplicata ou não mencionado no trabalho – 50 pontos
7. Técnica de análise laboratorial	Utilização ou não das técnicas consideradas como padrão-ouro para a dosagem que foi realizada	A utilização de técnicas consideradas como padrão-ouro permitem melhor comparação de resultados entre os trabalhos realizados, acrescentando abrangência aos resultados obtidos	<p>Carotenoides</p> <ul style="list-style-type: none"> • HPLC 100 pontos • Outras técnicas – 50 pontos <p>Minerais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fotômetro de chama ou espectrofotometria de absorção atômica (AAS) – 100 pontos • Outras técnicas – 50 pontos

3.2. Tipo de estudo

A presente pesquisa apresenta desenho de estudo experimental com 5 métodos de cocção (imersão, vapor, micro-ondas, micro-ondas vapor e forno combinado), com triplicata para cada método de cocção.

Os vegetais escolhidos para este estudo foram brócolis (*Brassica oleracea*, var. *Italica*), cenoura (*Daucus carota*) e abobrinha menina brasileira (*Cucurbita moschata*), porque estão entre as hortaliças mais consumidas no Brasil, conforme Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009 (BRASIL, 2011).

3.3. Aquisição

Os vegetais foram comprados em supermercado local. Depois disso, eles foram armazenados em cerca de 4-7°C até serem cozidos. A preparação, incluindo

lavagem e corte, foi realizada de acordo com os procedimentos descritos por Miglio (2008).

3.4. Métodos de cocção

As condições de cozimento foram otimizadas por experiências preliminares realizadas para cada vegetal em que as amostras foram cozidas de acordo com os tempos de cozimento utilizados por Pellegrini (PELLEGRINI et al., 2010). Foram necessários ajustes nos tempos de cocção, já que outras técnicas culinárias foram usadas e diferenças culturais são esperadas para a aceitabilidade da textura, a qual foi realizada por um grupo de provadores não treinados.

Os métodos e procedimentos de cozimento utilizados por Pellegrini (PELLEGRINI et al., 2010) foram: imersão, vapor, forno combinado e microondas; Este estudo incluiu o cozimento em micro-ondas, em vapor (com adição de água) que foi usado de maneiras diferentes por Rennie & Wise (2010). Os autores não estudaram abobrinha, que foi incluída neste estudo. Todas as técnicas de cozimento são descritas abaixo, mostrando os tempos de cocção para cada hortaliça. A quantidade de água e os tipos de utensílios foram os mesmos descritos por Pellegrini (PELLEGRINI et al., 2010).

Imersão (calor úmido) - Os tempos de cozimento foram 12, 10, 8 e 6 minutos para abobrinha; 8, 6, 4 e 2 minutos para brócolis; 10, 8, 6 e 4 minutos para a cenoura.

Vapor (calor úmido). Foram utilizados três tipos de vaporização: tradicional, com cesto suspenso sobre água fervente, forno combinado e microondas.

Tradicional - Os tempos de cozimento foram 12, 10, 8 e 6 minutos para abobrinha e brócolis; 10, 8, 6 e 4 minutos para a cenoura.

Forno combinado - Os tratamentos de ar / vapor foram realizados em um forno Wictory digital WC-03 (Caxias do Sul, RS, Brasil). Os tempos de cozimento foram 19, 17, 15 e 13 minutos para abobrinha; 17, 15, 13 e 11 minutos para brócolis e para cenoura.

Vapor em micro-ondas - Os tratamentos com vapor de micro-ondas foram realizados em um forno Electrolux, Modelo MEF33, 23L (Curitiba, PR, Brasil)

com 40% de sua potência máxima (320W) e uma panela de vapor de vapor de plástico apropriada para microondas. Adicionou-se água (50 mL) (cerca de 1:1/2) no cesto onde os vegetais foram acomodados. Os tempos de cozimento foram 12, 10, 8, 6 minutos para cenoura e para abobrinha e 15, 12, 10 e 8 minutos para brócolis.

Micro-ondas (calor seco) - Os tratamentos em micro-ondas sem adição de água foram realizados em um forno Electrolux, Modelo MEF33, 23L (Curitiba, PR, Brasil) com 40% de sua potência total (320W). Os tempos de cozimento foram 16, 14, 12 e 10 minutos para abobrinha; 15, 12, 10 e 8 minutos para brócolis e 12, 10, 8 e 6 minutos para a cenoura.

3.4.1. Determinação do tempo de cozimento ideal

O tempo de cozimento ideal para cada vegetal e cada método de cozimento foi determinado por testes de classificação de preferência. Amostras de cenoura, abobrinha ou brócolis foram cozidas de acordo com os procedimentos descritos. Para cada vegetal, amostras de cerca de 10 g à temperatura ambiente foram apresentadas em ordem aleatória para 50 provadores, entre estudantes, professores e funcionários da Universidade de Brasília. Todos os consumidores de cada tipo de hortaliça foram solicitados a classificar as amostras da mais preferida (1) à menos preferida (4) em relação à textura. Uma seção do teste de classificação foi realizada para cada vegetal em cada método de cozimento; quanto menor a soma de classificação, melhor a aceitação para o tempo de cozimento.

3.4.2. Determinação do método de cozimento mais aceito

Para avaliar a técnica de cozimento preferida para cada vegetal, os tempos de cozimento mais aceitos previamente determinados foram confrontados. Cinquenta consumidores receberam amostras de 10g a temperatura ambiente de cada uma das cinco técnicas de culinária para cada hortaliça e foram solicitados a avaliar textura, sabor, cor, odor e aceitação global usando uma escala hedônica de 9 pontos. As amostras foram servidas em ordem aleatória. Quanto maior a aceitação global, melhor o método de cozimento.

3.4.3. Análise estatística

As experiências foram realizadas em um delineamento de blocos completos ao acaso. Para fins de classificação, foi designado para cada um dos 50 blocos (provadores) uma amostra de cada vegetal cozido usando cada um dos quatro tempos de cozimento (de acordo com os cinco métodos descritos). O teste de aceitação foi projetado para 50 blocos (provadores), uma repetição e cinco tratamentos (de acordo com os procedimentos descritos). Os dados de classificação foram analisados pelo teste de Friedman ($p < 0,05$) usando o *software* Xstat (Addinsoft, França). Quando dois ou mais tratamentos não diferiram como os mais preferidos, foi escolhido o menor tempo como o de cozimento ideal. Os dados de aceitação foram analisados por ANOVA e teste de Fisher ($p < 0,05$).

3.5. Análise instrumental de textura e cor

A análise de textura e de cor foi feita em triplicata com três replicatas, totalizando nove resultados de cada tratamento. O objetivo de fazer análise tecnológica foi verificar a viabilidade de realizar a avaliação dos parâmetros desejados - cor e textura - sem o uso de provadores, objetivando a facilidade de realizar esses testes no laboratório com menos tempo e recursos.

3.5.1. Análise de textura

A textura das amostras para todos os tempos de cozimento foi medida objetivamente com a utilização de um analisador de textura TA.XTPlus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), acoplado ao *Software Exponent* v. 6.1.4, utilizando os seguintes parâmetros: teste de ruptura, probe lâmina retangular (HDP/WBR) usando célula de carga de 5 kg, *Heavy Duty Platform* (HDP/90), velocidades de teste de 2 mm/s, distância de 12 mm. Para a análise as hortaliças cozidas no tamanho padrão estabelecido (2,5 cm) foram cortadas em fatias de 10 mm de espessura, o mais homogêneas possível. Todas as amostras foram analisadas no mesmo dia da cocção e as análises foram feitas em triplicata com três replicatas. Cenoura e abobrinha foram submetidas à força de corte de 50g, enquanto o brócolis, por seu maior teor de fibra, foi submetido à força de 100g. A propriedade de textura "firmeza"

(dureza) foi definida como a força positiva do pico da curva resultante da primeira compressão da amostra (ciclo 1), pois imita uma primeira mordida.

3.5.2. Análise de cores

A determinação da cor das hortaliças em função dos tempos de cozimento mais aceitos, foi realizada usando um colorímetro ColorQuestXE (Hunter Associates Laboratory, Virginia, EUA), uma fonte de iluminação D65, com um ângulo visual de 10°. A leitura colorimétrica foi feita a partir das coordenadas CIELab obtendo valores de coordenadas L^* [mensuráveis em termos de intensidade branca (0) a intensidade preta (100)], a^* (mensurável em termos de vermelho (+ a^*) e verde (- a^*)) e b^* [mensuráveis em termos de intensidade amarela (+ b^*) e azul (- b^*)]. O software *EasyMatch*® foi usado para obter os dados. Com os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* , foi possível obter parâmetros relacionados ao ângulo de matiz (h°), Equação (1), saturação de cor ou croma C, Equação (2) e Diferença ΔE , Equação (3) (LITTLE, 1975; FRANCIS, 1975; MCLELLAN, LIND, & KIME, 1995; MASKAN, 2001) com L^*_0 , a^*_0 e b^*_0 como as coordenadas obtidas nas amostras cruas. A colorimetria foi realizada com as amostras homogeneizadas; amostras cruas e cozidas foram analisadas. A análise de cor para cada técnica de cocção e para a amostra crua foi realizada em triplicada, com três replicatas. As equações são descritas abaixo:

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (2)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{[(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2]} \quad (3)$$

3.5.3. Análise estatística

Os resultados de textura e cor foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação de médias, teste de Fisher ($p < 0,05$), utilizando o software XLstat (Addinsoft, França, 2017).

3.6. Determinação de minerais e carotenoides

Para cada tempo de cocção aceito, as amostras foram preparadas em triplicata, adotando-se o mesmo procedimento com relação às hortaliças cruas que serviram de controle. As amostras foram homogeneizadas e conservadas congeladas em freezer comum para a análise de minerais até a sua realização e em freezer a -80°C para a análise de carotenoides, até serem liofilizadas.

3.6.1. Análise de minerais

Realizadas em triplicata para as amostras das hortaliças cruas e cozidas em cada uma das situações de cocção preconizadas, conforme normas técnicas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.6.1.1. Preparação das amostras

Foram pesadas 5 g da amostra em uma cápsula de porcelana, sendo as amostras carbonizadas em chapa elétrica e, posteriormente, incineradas em mufla a 550°C. Após esfriar, foram adicionados 30 mL de água destilada quente e o conteúdo foi agitado com bastão de vidro. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL com auxílio de um funil. A cápsula, o bastão de vidro e o funil foram lavados com mais duas porções de 30 mL de água quente e posteriormente todo o líquido foi filtrado e transferido para outro balão volumétrico. Após totalmente frio, o volume do balão foi adicionado da quantidade necessária de água destilada para perfazer os 100 mL e agitado antes de fazer a leitura diretamente no fotômetro de chama. Em casos em que foi encontrada maior concentração do mineral do que a capacidade original de leitura do equipamento, a solução foi diluída na proporção de 1:5.

3.6.1.2. Análise

O fotômetro foi calibrado com as soluções padrão de cada um dos minerais, conforme concentrações estabelecidas para o equipamento. Foi efetuada a leitura, um de cada vez, inserindo o cateter do fotômetro diretamente no balão ou transferindo parte do seu conteúdo para um béquer, quando necessário. Com base

no resultado da leitura foi realizado o cálculo para encontrar a concentração em mg/100g.

3.6.2. Determinação de carotenoides totais

A extração de carotenoides foi conduzida segundo Rodriguez-Amaya (2001), com adaptações, sendo todas as etapas desenvolvidas em ambiente com temperatura controlada e luminosidade reduzida. Foram pesados aproximadamente 0,5 g e 1 g de amostra liofilizada macerada em almofariz, dependendo da concentração de carotenoides teoricamente existente na hortaliça, usando no total 20 mL de acetona refrigerada (10°C), homogeneizando por um minuto. O extrato foi filtrado a vácuo através de um funil de *Büchner* com papel de filtro, recolhendo o filtrado em um kitasato de 250 mL. A extração foi repetida até que o resíduo ficasse branco. No final foi lavado o almofariz, o resíduo e o funil com a acetona, recolhendo tudo no kitassato. Em um funil de separação de 250 mL foram colocados 20 mL de éter de petróleo e o extrato foi transferido cuidadosamente para o funil, lavando-se o kitasato com acetona e transferindo também para o funil. Foram acrescentados 300 mL de água destilada cuidadosamente pelas paredes do funil para não formar emulsão. Após a separação das fases, a fase aquosa inferior deve ser descartada, repetindo-se a lavagem mais 3 vezes com 150 mL de água destilada para remover toda a acetona. Na última lavagem, a fase inferior foi totalmente descartada, tomando o cuidado para não perder parte da fase superior. Para que pequenas quantidades de água não se misturassem à fase etérea, a saída do funil foi seca com papel toalha. A fase etérea foi coletada em um balão volumétrico de 25 mL recoberto com papel alumínio, passando a solução por um funil de vidro contendo 7,55 g de sulfato de sódio anidro para remoção da água residual, usando lã de vidro no funil para segurar o sulfato de sódio. O funil foi lavado com éter de petróleo, coletando no balão volumétrico. O volume do balão volumétrico foi completado com éter de petróleo. A absorbância foi lida em espectrofotômetro no comprimento de onda de maior expressão, tendo sido selecionada a faixa de 380 a 680 nm. Para o cálculo do teor de carotenoides foi utilizada a Equação abaixo.

Cálculo da concentração de carotenoides totais (Ct):

Para o cálculo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Ct (\mu\text{g} /\text{g}) = \frac{A \times V \times 10^4}{E^{1\%}_{1\text{cm}} \times m}$$

A = absorvância no pico máximo de absorção

V = volume final da amostra (mL)

m = massa da amostra (g)

$E^{1\%}_{1\text{cm}}$ = coeficiente de extinção - β -caroteno = 2592 em éter de petróleo ou 2500 quando a leitura não se encontrava nessa faixa do espectro (BRITTON, 1997).

3.7. Análise dos dados

Os dados dos alimentos crus foram o controle das alterações ocorridas durante o processamento. A análise teve como objetivo realizar a medição quantitativa das modificações ocorridas; foram analisados os percentuais de alteração dos nutrientes nos alimentos processados em relação à amostra crua do mesmo alimento. Com relação aos carotenoides, a verificação obedeceu à mesma premissa – comparação do conteúdo em amostra crua e cozida nos diferentes métodos, em variação percentual.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Revisão bibliográfica inicial

Foram encontrados 661 artigos com os descritores escolhidos dos quais 634 foram excluídos por meio da análise dos títulos; dos 27 restantes, após análise do *abstract*, apenas 14 atendiam ao objetivo da pesquisa e, após exclusão dos trabalhos repetidos, restaram 7 artigos, discriminados, com os principais aspectos de interesse na pesquisa, no Quadro 3, o qual se encontra organizado por ordem cronológica decrescente.

Quadro 3. Estudos sobre os efeitos das técnicas de cocção em abobrinha, brócolis e cenoura selecionados na pesquisa bibliográfica

Estudo	Hortaliça/local de aquisição	Técnica	Nutriente avaliado	Resultados
1. Hwang E.S., Kim G.H. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Brócolis, adquirido em mercado local, colheita em outubro, Korea 	Fogão convencional <ul style="list-style-type: none"> • Imersão (2:1 água/hortaliça) – 3 tempos (1, 5 e 10 minutos) • Vapor – 3 tempos (1, 5 e 10 minutos) Micro-ondas <ul style="list-style-type: none"> • Calor seco (1% de água/hortaliça em saco de polipropileno) - Micro-ondas 1000W – 3 tempos (1, 5 e 10 minutos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Glicosinolatos, carotenoides (HPLC) e tocoferol 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior tempo de cocção = maior extração de carotenoides. • Vapor e micro-ondas = maior retenção de carotenoides em relação à imersão.
2. Copetti C., Oliveira V.R., Kirinus P. (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Batata • Brócolis • Cenoura Cedidos gratuitamente por estabelecimento comercial local. Colhidos na mesma época e oriundos do mesmo lote	<ul style="list-style-type: none"> • Cru • Remolho Fogão convencional <ul style="list-style-type: none"> • Imersão (2:1 água*/hortaliça) – 10 e 17 min • Pressão – 8 e 10 min Micro-ondas - 5 e 9 minutos <ul style="list-style-type: none"> • Imersão (2:1 água*/hortaliça) *Água deionizada	<ul style="list-style-type: none"> • Potássio – Fotometria de chamas 	<ul style="list-style-type: none"> • Imersão e micro-ondas = redução do K em relação ao vegetal cru • Cenoura e brócolis = maior redução de K no micro-ondas em relação à imersão
3. Pellegrini N. et al. (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Brócolis • Couve-de-Bruxelas • Couve-flor *Frescos/ congelados Vegetais frescos adquiridos em mercado local 24h após a colheita.	Fogão convencional, panela inox tampada, chama média <ul style="list-style-type: none"> • Vapor convencional (cesta sobre panela com água) • Imersão (5:1 água/hortaliça) Vapor forno combinado	<ul style="list-style-type: none"> • Carotenoides (HPLC) • Clorofila • Polifenóis • Glicosinolatos • Vitamina C • Capacidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Método afetou extração de carotenoides • Micro-ondas = redução significativa de luteína e betacaroteno. • Imersão = redução

	Congelados, 20 dias após a colheita, adquiridos em supermercado local.	Micro-ondas - Calor seco 300W	antioxidante total • Matéria seca • Cor	importante de betacaroteno.
4. Yuan G.F., Sun B., Yuan J., Wang Q.M. (2009)	• Brócolis, colhidos imediatamente antes de serem utilizados.	Fogão convencional • Imersão (2:1 água/hortaliça) • Refogado (em 10 mL de óleo) – 5 minutos • Refogado e cozido (em 10 mL de óleo e 50 mL de água) – 2 e 3 minutos • Vapor (cesta com tampa) – 5 minutos Micro-ondas (1000W) • “Calor seco” com 10mL de água – 5 minutos	• Carotenoides totais – 451 nm no espectrofotômetro • Clorofila, açúcares, proteínas solúveis, glicosinolatos, vitamina C	• Micro-ondas e vapor e refogado = melhor manutenção de carotenoides • Imersão e refogado = pequena, mas maior perda
5. López-Berenguer C. et al. (2007)	• Brócolis, adquiridos de cooperativa local	Micro-ondas 1000W, 700W e 500W • Imersão em micro-ondas – Todos os tempos (2,5 e 5 minutos) e medidas de água (100 e 150mL) foram realizados nas 3 potências. • Bowl de polipropileno coberto com filme de polietileno	• Compostos fenólicos, nitrato, Vitamina C, manganês, magnésio, ferro e fósforo, zinco, cobre, Cálcio*, Sódio*, Potássio* • Espectrômetro de emissão óptica com plasma - ICPOES	• Cálcio e sódio = maior retenção em menor tempo, potência média (700W) e maior quantidade de água. • Potássio = maior retenção em menor tempo e quantidade de água em qualquer potência.
6. Kala A. & Prakash J. (2004)	• Beterraba, pimentão e quiabo e cenoura Adquiridos em mercado local no dia	• Imersão convencional (\approx 1:4 água/hortaliça) - panela tampada – 28 minutos • Pressão – (\approx 1:4 água/hortaliça) - 14 minutos	• Fibras, proteína, ferro, fósforo, vitamina C, Cálcio (titulação) e	• Crua \approx cozido em todas as técnicas

	em que foram utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Imersão em micro-ondas (potência alta) – recipiente tampado - ($\approx 1:4$ água/hortaliça) - – 21 minutos • Imersão micro-ondas ($\approx 1:4$ água/hortaliça) *Água destilada	betacaroteno (estimativa colorimétrica)	
7. Zhang D., Hamauzu Y. (2004)	• Brócolis, adquirido em atacado local	<ul style="list-style-type: none"> • Imersão convencional ($\approx 20:1$ hortaliça/água) - panela tampada – 5 tempos de cocção (30', 1, 1,5, 2 e 5 minutos) • Imersão em micro-ondas ($\approx 20:1$ hortaliça/água) - Recipiente tampado 	• Compostos fenólicos, vitamina C, atividade antioxidante e Carotenoides (HPLC)	• Em ambas as técnicas, quanto maior o tempo de cocção, maior a redução de carotenoides

Com base nos critérios definidos no Quadro 2, obteve-se a pontuação para os artigos selecionados discriminada no Quadro 3, os quais encontram-se consolidados no Quadro 4.

Quadro 04 – Classificação dos artigos de acordo com os critérios estabelecidos

ESTUDO	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Total
1. Hwang E.S., Kim G.H. (2013)	50	85	50	180	20	100	100	585
2. Copetti C., oliveira V.R., Kirinus p. (2010)	50	50	50	60	60	100	100	470
3. Pellegrini N. et al. (2010)	85	50	50	160	120	100	100	665
4. Yuan G.F., B., Yuan J., Wang Q.M. (2009)	0	50	50	100	20	100	100	420
5. López-Berenguer C. et al. (2007)	85	30	50	240	20	100	50	575
6. Kala A. & Prakash J. (2004)	0	10	100	60	80	50	50	350
7. Zhang D., Hamauzu Y. (2004)	85	10	50	200	20	50	100	515

4.1.1. Impacto do periódico onde foi realizada a publicação – Fator 1

A estratificação da qualidade da produção científica é realizada de forma indireta; afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, enquadrando-os em estratos indicativos da qualidade - A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C - com peso zero, específicos por área de conhecimento (<http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>).

Dos artigos selecionados, com relação ao fator de impacto das revistas e avaliação Qualis da Capes, 3 (três) receberam classificação A2 e, conseqüentemente pontuação máxima neste trabalho, 85 pontos: Pellegrini et al., 2010; Lopez-Berenguer et al., 2007; Zhang & Hamauzu, 2004; 2 (dois) estão classificados como B2 e receberam 50 pontos: Hwang & Kim, 2012; Copetti et al.,

2010; e os outros dois foram publicados em veículos de divulgação não classificados pelo Qualis, tendo por isso recebido pontuação igual a 0 (zero) nesse fator: Yuan et al., 2009 e Kala & Prakash, 2004.

4.1.2. Ano de publicação - Fator 2

Somente em um artigo mais recente – 2010 (PELLEGRINI et al., 2010), houve utilização do forno combinado, apesar da sua entrada no mercado ter se realizado a partir do ano 2000; na prática, apenas o forno combinado no artigo citado e o uso de equipamento de cozinhar a vapor, mais comum no uso doméstico, utilizado no trabalho de Hwang & Kim (2012) representam novas tecnologias, mas que justificam o critério empregado na categorização dos artigos. Os demais artigos descreveram técnicas convencionais de cocção em fogão comum por imersão, panela de pressão, vapor convencional, refogados simples, refogados e cozidos e cocção em micro-ondas em calor seco ou imersão.

4.1.3. Análises efetuadas - Fator 3

Os tipos de análises efetuadas são indicadores da qualidade e grau de dificuldade do trabalho realizado, mas, no caso, só importava a avaliação de carotenoides e dos minerais cálcio, potássio e sódio. Assim, em que pese a existência de artigos cujos trabalhos continham avaliações diversas, como fugiam ao escopo da nossa pesquisa, não foram consideradas outras avaliações, apesar da sua importância e complexidade. Apenas um artigo (KALA & JAMUNA, 2004) relata a realização dos dois tipos de análise foco da nossa pesquisa – análise de carotenoides e de cálcio, recebendo a pontuação máxima neste fator: 100 pontos; os demais obtiveram 50 pontos.

4.1.4. Variedade das técnicas de cocção - Fator 4

A variedade das técnicas de cocção utilizadas, bem como as variações de tempo, temperatura e volume de água dão a medida da abrangência do trabalho realizado e do grau de dificuldade da sua realização. Os trabalhos mais complexos nesse aspecto foram realizados com variação de potência do micro-ondas em diferentes tempos e volumes de água para cocção em imersão em micro-ondas,

assim López-Berenguer et al., 2007, receberam 240 pontos; com variação de tempo de cocção para imersão convencional e em micro-ondas, Zhang & Hamauzu, 2004 receberam 200 pontos; e com variação de métodos de cocção e de equipamentos com aplicação das técnicas em vegetais frescos e congelados, Pellegrini et al (2010) obteve 160 pontos. Yuan et al., 2009, obteve 100 pontos e os demais, Hwang & Kim, 2012, Copetti et al., 2010 e Kala & Prakash, 2004, obtiveram 60 pontos.

Neste fator, apesar de não ter sido objeto de pontuação, vale observar que dois trabalhos não poderiam ser comparados com os demais, pois utilizaram água deionizada (COPETTI; DE OLIVEIRA; KIRINUS, 2010) ou destilada (KALA & JAMUNA, 2004), práticas não adotadas no âmbito doméstico ou em serviços de alimentação, que influenciam nos resultados obtidos nas análises e que não são de interesse dentro do objetivo proposto de avaliar a alteração do conteúdo de nutrientes em processos de cocção comumente utilizados.

4.1.5. Variedade de hortaliças - Fator 5

A variedade de hortaliças testadas dá a dimensão do grau de dificuldade do trabalho realizado e da sua abrangência, quando associado aos demais fatores. Dos 7 (sete) artigos selecionados, 4 artigos (HWANG; KIM, 2012; LÓPEZ-BERENGUER et al., 2007; YUAN et al., 2009; ZHANG; HAMAUZU, 2004) testaram apenas uma hortaliça, o brócolis, recebendo 20 pontos. Os demais testaram: 3 hortaliças, batata, brócolis e cenoura (COPETTI; DE OLIVEIRA; KIRINUS, 2010) recebendo 60 pontos; 4 hortaliças: beterraba, pimentão, cenoura e quiabo (KALA & JAMUNA, 2004), recebendo 80 pontos e 3 hortaliças: brócolis, couve-de-Bruxelas e couve-flor, porém partindo de dois pontos, frescas e congeladas, equivalendo ao total de 6 hortaliças (PELLEGRINI et al., 2010), recebendo 120 pontos.

4.1.6. Análise em triplicata - Fator 6

A realização da análise de amostras em triplicata é indicador da qualidade e abrangência dos resultados obtidos. Apenas 2 (dois) autores não indicaram se realizaram as análises das amostras em triplicata (KALA & JAMUNA, 2004; ZHANG; HAMAUZU, 2004). López-Berenguer et al. (2007) mencionam o uso de triplicata apenas para as amostras cruas, porém, como tecnicamente não faria sentido fazer

apenas um tipo de análise em triplicata, consideramos que o procedimento foi adotado para todas as amostras, apesar de não ter sido descrito nos métodos.

4.1.7. Técnica de análise das amostras - Fator 7

A utilização de técnicas consideradas como padrão-ouro permite melhor comparação de resultados entre os trabalhos realizados, acrescentando abrangência aos resultados obtidos. De acordo com o *Food composition data - production, management and use* (GREENFIELD & SOUTHGATE, 2003), editado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), para a análise de minerais deve ser utilizado o fotômetro de chamas ou espectrofotometria de absorção atômica (AAS), com resultados equivalentes e, na análise de carotenoides, o HPLC - *High performance liquid chromatography* (cromatografia líquida de alta eficiência).

Kala & Prakash (2004) não fizeram análise de carotenoides, mas apenas de betacaroteno e utilizaram estimativa colorimétrica com essa finalidade e, quanto aos minerais, analisaram apenas o cálcio e usaram a técnica de titulação, tendo por isso recebido 50 pontos neste fator. Quanto a López-Berenguer et al. (2007), apesar de terem utilizado técnica mais avançada, não seria a convencional para esse tipo de análise. Vale esclarecer que o equipamento utilizado, espectrômetro de emissão ótica com plasma (ICPOES) é um equipamento mais moderno que faz análise de 70 minerais ou mais, ao mesmo tempo, sendo evidentemente um equipamento para realização de análises em maior escala e cujo custo é bastante elevado (HOU & JONES, 2000). Os demais trabalhos receberam a pontuação máxima: 100 pontos.

4.1.8. Avaliação geral

A pontuação máxima a ser obtida dependia de fatores objetivos de qualidade da realização do trabalho (análise em triplicata, técnicas laboratoriais) e de sua divulgação (classificação Qualis), esta predominantemente inerente à primeira; da atualidade do trabalho realizado (ano de publicação) da abrangência com relação às hortaliças escolhidas (inclusão de uma ou mais delas), das técnicas de cocção escolhidas (inclusão de uma ou mais delas) e das análises efetuadas (carotenoides, minerais ou ambos)

Considerando as pontuações em cada fator e o resultado final, o trabalho realizado por Pellegrini et al. (2010) representa um bom padrão a ser utilizado em pesquisa com objetivos semelhantes, porque em que pese a complexidade do trabalho realizado, observou um padrão de qualidade total que lhe garantiu pontuação bastante distanciada em relação ao segundo colocado e aos demais.

4.2. Aceitação de textura de vegetais em diferentes técnicas de culinária

4.2.1. Características dos provadores

A quantidade total de provadores que participaram da análise sensorial foi composta, em média, por 30% do sexo masculino e 70% feminino, uma proporção em linha com Olinto (2012), que mostra que trabalhadores saudáveis são principalmente mulheres, considerando que os testes foram realizados na Faculdade de Ciências da Saúde. A idade dos provadores era entre 17 e 66 anos e a maioria deles geralmente consumia os vegetais testados.

4.2.2. Determinação do tempo de cozimento ideal

A Tabela 1 mostra os escores médios e de classificação para os diferentes tempos de cozimento e métodos de preparação de brócolis, abobrinha e cenoura e suas texturas medidas por meio de equipamento. Para todos os vegetais e métodos de cocção, o estabelecimento de preferência de tempo de cozimento foi justificado pelos provadores por sua maciez. Os tempos de cozimento mais elevados foram geralmente os preferidos porque as fibras são amolecidas e o sabor torna-se mais evidente, de modo que os vegetais cozidos por períodos mais longos foram os mais aceitos, mesmo que se espere perdas nos nutrientes solúveis em água (BONGONI et al., 2014). No entanto, ao cozinhar no micro-ondas sem adicionar água, a textura mais suave é obtida em tempos mais curtos, pois quando o tempo de cozimento aumenta, o alimento torna-se mais firme, ressecado. Isso é esperado porque os vegetais perdem água que é necessária para a absorção inicial das micro-ondas para produzirem calor (CHANDRASEKARAN, RAMANATHAN E BASAK, 2013; OHLSSON & BENGTSSON, 2001).

A análise instrumental mostrou resultados semelhantes. Há pouca diferença entre as texturas escolhidas pelos provadores e a análise realizada em equipamento. Alguns estudos também mostram resultados comuns quando os parâmetros de textura específicos de firmeza/dureza são comparados com testes sensoriais, independentemente do equipamento usado: pêssego e nectarina (CONTADOR, DÍAZ, HERNÁNDEZ, SHINYA e INFANTE, 2016), doze alimentos comuns aos consumidores da Nova Zelândia (DUIZER et al., 2011), quatro formas diferentes de lanches extrudados (PAULA; CONTI-SILVA, 2013), brócolis preparados em um forno combinado (BOROWSKI, NARWOJSZ, BOROWSKA E MAJEWSKA, 2015), cenouras e amostras descritas por Szczesniak e Munoz ao desenvolver as escalas *Sensory* de referência de textura (MEULLENET, LYON, CARPENTER e LYON, 1998).

Tabela 1. Classificação do tempo da preferência da textura por tempo de cocção e medição da textura em equipamento em cada método de cozimento

Método de cocção	Tempo (min)	Soma das classificações	Média das Classificações/DP	Médias das Texturas/DP
Abobrinha				
Imersão	12	104.5	2.0±1.1 ^a	1.8±0.0 ^d
	10	102.5	2.0±1.0 ^a	2.6±0.0 ^a
	8	144.5	2.0±0.9 ^b	2.1±0.0 ^c
	6	138.5	2.0±1.1 ^b	2.3±0.0 ^b
Micro-ondas vapor	12	101.0	2.0±1.0 ^a	2.5±0.2 ^b
	10	101.5	2.0±1.0 ^a	3.3±0.1 ^a
	8	132.5	2.0±1.0 ^{ab}	3.0±0.0 ^a
	6	155.0	3.0±1.1 ^b	3.4±0.2 ^a
Vapor tradicional	12	108.5	2.0±1.2 ^a	3.0±0.4 ^a
	10	111.5	2.0±1.2 ^{ab}	3.5±0.6 ^a
	8	141.0	2.9±1.0 ^b	3.3±0.4 ^a
	6	119.0	2.0±1.0 ^{ab}	4.0±0.5 ^a
Forno combinado	19	136.0	2.7±1.0 ^a	2.1±0.1 ^{ab}
	17	117.0	2.3±1.3 ^a	1.9±0.1 ^b
	15	133.0	2.7±1.0 ^a	2.2±0.1 ^a
	13	114.0	2.3±1.2 ^a	2.3±0.0 ^a
Micro-ondas calor seco	16	112.5	2.3±1.1 ^a	3.4±0.3 ^a
	14	117.0	2.3±1.1 ^a	3.3±0.5 ^a
	12	140.5	2.8±1.1 ^a	1.2±0.0 ^b

		10	130.0	2.6±1.1 ^a	1.6±0.1 ^b
Brócolis					
Imersão		8	99.0	2.0±1.3 ^a	1.4±0.1 ^b
		6	116.0	2.0±1.0 ^{ab}	1.6±0.0 ^b
		4	137.0	2.7±1.0 ^b	1.5±0.1 ^b
		2	148.0	3.0±1.0 ^b	2.2±0.0 ^a
Micro-ondas vapor		15	114.0	2.4±1.2 ^a	2.3±0.1 ^b
		12	126.0	2.6±1.2 ^a	2.4±0.2 ^b
		10	105.0	2.2±1.0 ^a	3.4±0.3 ^a
		8	135.0	2.8±1.1 ^a	3.5±0.1 ^a
Vapor tradicional		12	142.0	2.1±0.7 ^b	1.6±0.1 ^b
		10	72.0	1.5±0.9 ^a	1.6±0.1 ^b
		8	167.0	3.0±0.9 ^b	4.3±0.1 ^a
		6	99.0	2.0±0.8 ^a	4.5±0.3 ^a
Forno combinado		17	126.0	2.5±1.1 ^a	1.6±0.0 ^b
		15	119.0	2.4±1.2 ^a	1.6±0.0 ^b
		13	132.0	2.6±1.1 ^a	3.0±0.1 ^a
		11	123.0	2.5±1.1 ^a	1.6±0.1 ^b
Micro-ondas calor seco		15	105.0	2.5±1.2 ^a	3.7±0.1 ^b
		12	111.0	2.0±1.1 ^a	5.4±0.4 ^a
		10	112.0	2.0±1.1 ^a	3.4±0.2 ^b
		8	92.0	2.0±1.1 ^a	2.6±0.1 ^c
Cenoura					
Imersão		10	108.5	2.2±1.2 ^a	3.6±0.1 ^b
		8	119.0	2.4±1.0 ^a	3.7±0.1 ^b
		6	119.5	2.4±0.9 ^a	4.5±0.1 ^a
		4	153.0	3.1±1.2 ^b	4.6±0.1 ^a
Micro-ondas vapor		12	103.0	2.1±1.2 ^a	3.2±0.0 ^b
		10	95.5	1.9±0.8 ^a	3.2±0.6 ^b
		8	151.0	3.0±0.9 ^b	4.0±0.4 ^b
		6	150.5	3.0±1.0 ^b	6.0±0.9 ^a
Vapor tradicional		10	114.0	2.3±1.2 ^a	3.1±0.2 ^c
		8	117.0	2.4±1.1 ^a	3.3±0.4 ^{bc}
		6	131.0	2.6±1.0 ^a	4.1±0.2 ^{ab}
		4	128.0	2.7±1.2 ^a	4.8±0.5 ^a
Forno combinado		17	139.5	2.8±1.1 ^a	2.9±0.6 ^a
		15	119.0	2.4±1.2 ^a	3.3±0.2 ^a
		13	124.5	2.5±1.0 ^a	3.4±0.3 ^a
		11	117.0	2.3±1.2 ^a	3.2±0.3 ^a
Micro-ondas calor		12	112.0	2.3±1.2 ^a	3.1±0.6 ^a

seco	10	128.0	2.6±1.0 ^a	3.5±0.2 ^a
	8	118.0	2.4±1.0 ^a	3.5±0.1 ^a
	6	132.0	2.7±1.1 ^a	3.9±0.3 ^a

Para cada vegetal e atributo, em colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Friedman ($p > 0,05$).

4.2.2.1. Abobrinha

Houve pequenas ou nenhuma diferença entre os tempos de cozimento em todos os tratamentos quando comparados pelos provadores. No que diz respeito à análise de textura instrumental, os tempos de cozimento preferidos para imersão, vapor, micro-ondas e vapor em micro-ondas tiveram as texturas mais macias em comparação com os outros tempos de cozimento. No entanto, para o forno combinado, a textura mais firme foi a escolhida, mas não existem diferenças importantes de texturas em todos os tempos de cozimento neste tratamento. Os parâmetros de textura instrumentais e sensoriais foram bem relacionados entre si, assim como foi encontrado por Bianchi et al. (2016) que analisaram o melão (*Cucumis melo* L.) e Corrigan (CORRIGAN, HURST e POTTER, 2001) ao analisar a textura da abóbora (*Cucurbita maxima*).

4.2.2.2. Brócolis

Para a imersão, foi encontrada diferença entre os tempos de cozimento, mas estatisticamente diferente apenas o tempo de 8 minutos. No entanto, na análise de textura realizada em equipamento, apenas o tempo de cozimento de 2 minutos realmente diferiu dos demais. Bongoni et al. (RADHIKA BONGONI, VERKERK, STEENBEKKERS, DEKKER e STIEGER, 2014), usando equipamentos semelhantes, constataram que a perda de firmeza do brócolis ao longo do tempo era diferente entre métodos de cozimento - imersão e vapor - semelhantes aos nossos resultados. É importante ressaltar que os provadores não conseguiram perceber essas diferenças como o equipamento o fez em todos os métodos de cozimento.

Para quase todas as técnicas, exceto no micro-ondas calor serco, os tempos de cozimento preferidos foram os mais longos. Este resultado, em relação ao

método de cozimento por imersão, está de acordo com os achados de Poelman (POELMAN & DELAHUNTY, 2011) em um estudo com crianças e Rennie & Wise (2010) em estudo com adultos (do sexo feminino e masculino, 18-35 anos, recrutados na universidade). Estes tempos também estão em linha com o encontrado por Bongoni et al (BONGONI et al., 2014) para processamento doméstico de brócolis e cenouras por famílias holandesas. Bernhardt et al (BERNHARDT & SCHLICH, 2006) encontraram tempo semelhante, mas eles usaram critérios diferentes. No entanto, para cocção em vapor, o tempo de cozimento preferido foi de 10 minutos, o mesmo tempo escolhido neste estudo. No segundo estudo (RENNIE & WISE, 2010), o tempo de cozimento para o micro-ondas foi de 2 minutos, mas o equipamento foi utilizado em sua potência máxima. Nunn et al (NUNN et al., 2006) usaram 6 minutos para cozinhar com vapor no micro-ondas, mas eles também o usaram em potência máxima, o que explicaria as diferenças de preferência.

4.2.2.3. Cenoura

Os tempos de cozimento preferidos para imersão e vapor foram 10 e 12 minutos para micro-ondas calor seco e vapor no micro-ondas e 11 minutos para o forno combinado. Para imersão, forno combinado e micro-ondas calor seco, nenhuma diferença foi encontrada entre os tempos de cozimento. Na análise instrumental da textura, observou-se para o forno combinado e para o micro-ondas calor seco, que os vegetais não apresentavam diferenças significativas de textura, enquanto que, para a imersão, vapor tradicional e vapor no micro-ondas, os tempos de cozimento mais baixos realmente apresentavam textura mais firme do que os demais tempos de cozimento, como esperado, mas sem diferença significativa entre eles.

Para todas as técnicas, os tempos de cozimento preferidos foram os mais longos, exceto para o forno combinado, onde o tempo preferido foi o mais curto, 11 minutos. Este resultado, em relação à imersão, é semelhante ao encontrado por Rennie (RENNIE & WISE, 2010) em um estudo com adultos (do sexo feminino e masculino, 18-35 anos, recrutados na universidade) no qual também houve preferência por tempos de cozimento mais longos. Nosso estudo também está em

linha com o que foi encontrado por Bongoni et al (BONGONI et al., 2014) para o processamento doméstico de cenouras por famílias holandesas utilizando imersão e vapor tradicional.

No entanto, em outro estudo com adultos holandeses (18-55 anos), Bongoni et al (RADHIKA BONGONI, STIEGER, DEKKER, STEENBEKKERS e VERKERK, 2014) constataram que uma menor firmeza era significativamente menos apreciada do que as cenouras com uma firmeza média ou superior. As cenouras de alta e média firmeza não diferiram significativamente na preferência. O método de cozimento - imersão ou vapor - não influenciou significativamente a preferência; exceto em firmeza média, o método de cozimento não mostrou influência estatisticamente significativa na firmeza das cenouras percebida pelos provadores. No entanto, o tempo médio utilizado por eles foi quase o tempo mais longo em nosso estudo - 8 minutos para imersão e 9 minutos para vapor. A análise instrumental da textura em forno combinado e cozimento em imersão foi semelhante à encontrada por Paciulli et al (PACIULLI et al., 2016) e Camorani et al. (CAMORANI et al., 2015); eles encontraram que a cenoura cozida era mais firme do que as cozidas no forno combinado.

4.2.3. Determinação do método de cozimento mais aceito

A Tabela 2 mostra os escores médios para os diferentes métodos de preparação para brócolis, abobrinha e cenoura. Na aceitação global, o método de cozimento preferido foi imersão para brócolis, vapor no micro-ondas para abobrinha e vapor tradicional ou em micro-ondas para cenoura. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre a imersão e o vapor tradicional para o brócolis: são semelhantes em sabor e textura e com pouca diferença de cor e aparência. A mesma situação foi encontrada para a cocção em micro-ondas e imersão e vapor tradicional para abobrinha: são semelhantes em aparência, sabor, textura e um pouco diferentes na cor. Para a cenoura, não houve diferença entre imersão, vapor tradicional ou em micro-ondas: foram semelhantes em todos os atributos, com exceção da cor na imersão. Para todos os vegetais, o método de cozimento por micro-ondas calor seco foi rejeitado e o forno combinado teve rejeição quase igual.

Tabela 2. Aceitação média e desvio padrão de hortaliças cozidas em diferentes métodos

Método de cocção	Global	Aparência	Cor	Flavor	Textura
Abobrinha					
Imersão (10 min)	6.4±1.6 ^a	7.2±1.6 ^a	7.6±1.6 ^a	6.4±2.2 ^a	6.8±1.8 ^a
Micro-ondas vapor (10 min)	6.7±1.1 ^a	7.1±1.6 ^a	7.2±1.4 ^{ab}	6.7±1.5 ^a	6.6±1.6 ^a
Vapor tradicional (10 min)	6.4±2.0 ^a	7.2±1.9 ^a	7.0±1.6 ^{ab}	6.4±2.2 ^a	6.6±1.9 ^a
Forno combinado (13 min)	5.9±1.7 ^{ab}	6.6±2.1 ^{ab}	6.5±2.0 ^b	5.9±2.0 ^{ab}	6.2±1.9 ^{ab}
Micro-ondas calor seco (12 min)	5.4±1.7 ^b	6.1±2.0 ^b	4.9±1.9 ^c	5.4±1.9 ^b	5.8±2.1 ^b
Brócolis					
Imersão (8 min)	7.3±1.4 ^a	7.6±1.6 ^a	7.6±1.5 ^a	6.7±1.9 ^{ab}	7.0 ^a ±1.7
Micro-ondas vapor (10 min)	6.7±1.6 ^{ab}	7.2±1.4 ^{ab}	7.2±1.4 ^{ab}	6.5±1.7 ^{ab}	6.8±1.7 ^a
Vapor tradicional (10 min)	7.2±1.6 ^a	7.0±2.1 ^{ab}	7.0±1.8 ^{ab}	7.1±1.7 ^a	6.9±1.8 ^a
Forno combinado (13 min)	6.4±1.7 ^b	6.5±2.3 ^b	6.5±2.0 ^b	6.0±2.1 ^b	6.0±2.2 ^b
Micro-ondas calor seco (8 min)	4.8±2.1 ^c	4.9±2.6 ^c	4.9±2.2 ^c	4.7±2.1 ^c	4.4±2.2 ^c
Cenoura					
Imersão (10 min)	6.9±1.5 ^a	7.1±1.5 ^a	7.4±1.4 ^a	6.5±1.9 ^a	6.8±1.6 ^a
Micro-ondas vapor (10 min)	7.0±1.6 ^a	7.2±1.8 ^a	7.3±1.7 ^a	6.7±2.1 ^a	7.0±1.8 ^a
Vapor tradicional (10 min)	7.0±1.6 ^a	6.8±2.0 ^a	7.1±1.8 ^{ab}	6.8±2.0 ^a	7.1±1.7 ^a
Forno combinado (11 min)	6.5±1.7 ^{ab}	6.5±2.0 ^{ab}	6.3±2.2 ^c	6.2±2.1 ^a	6.6±1.9 ^a
Micro-ondas calor seco (12 min)	6.2±1.5 ^b	6.0±2.0 ^b	6.5±2.0 ^{bc}	6.3±1.9 ^a	5.8±2.1 ^b

Para cada vegetal e atributo, em colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Fisher ($p>0.05$).

No que diz respeito ao brócolis e à cenoura, a aceitação global foi semelhante à de Rennie (RENNIE & WISE, 2010) encontrada em um estudo com adultos onde o objetivo era determinar se as pessoas realmente preferem vegetais cozidos no vapor (homens e mulheres, 18-35 anos, recrutados no universidade) e também de acordo com Zeinstra (ZEINSTRA et al., 2010) em um estudo com crianças de 4-6 anos, 7-8 anos e 11-12 anos e adultos jovens, com idade entre 18-25 anos, cujo objetivo era investigar como o gosto por hortaliças é influenciado pelo método de preparação em diferentes faixas etárias. A preferência por métodos de imersão e vapor ocorreu porque a ebulição era a forma de preparação mais familiar e o vapor, apesar de

menos familiar, tem características sensoriais semelhantes; a importância da familiaridade também se reflete na valorização do sabor típico dos vegetais.

De acordo com Jha (JHA, 2010), os consumidores podem ser facilmente influenciados por idéias preconcebidas de como uma determinada fruta ou vegetal ou um alimento processado deve parecer e Garber et al. (2016) constataram que a cor dos alimentos afeta a capacidade do consumidor de identificar corretamente o *flavor* (interação entre o paladar e o olfato), formar perfis e preferências de *flavor* distintos e dominar outras fontes de informação de *flavor*, incluindo o gosto (sabor). Assim, em uma análise realizada por provadores, especialmente sem treinamento, é preciso considerar esses comportamentos.

Hue (h) é um atributo associado ao comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz, isto é, representa a cor dominante como percebida por um observador. Saturação ou croma (C) refere-se à pureza relativa ou à quantidade de luz branca misturada com uma tonalidade. O brilho ou luminosidade (L) é um termo subjetivo, que incorpora a noção cromática de intensidade. Portanto, uma cor pode ser caracterizada por luminosidade e cromaticidade (JAI, 2010). A Tabela 3 mostra a avaliação instrumental de cor de todos os vegetais em seus métodos de cozimento.

Tabela 3. Índices de cor das hortaliças cruas e cozidas analisadas com o colorímetro ColorQuestXE.

Método de cocção	Médias e desvio padrão dos parâmetros de cor					
	C*	h°	L*	a*	b*	ΔE*
Abobrinha						
Cru	38.9±0.7 ^c	100.0±0.1 ^a	51.3±0.5 ^d	-6.7±0.1 ^f	38.3±0.7 ^c	-
Imersão (10 min)	39.1±0.6 ^{bc}	96.4±0.4 ^d	54.6±0.6 ^a	-4.4±0.2 ^{bc}	38.9±0.7 ^{bc}	4.1±0.6 ^b
Micro-ondas vapor 10 min)	41.3±0.3 ^a	98.1±0.2 ^b	53.4±0.8 ^a	-5.8±0.1 ^a	40.9±0.3 ^a	3.5±0.4 ^{bc}
Vapor tradicional (10 min)	40.0±0.7 ^b	97.5±0.2 ^c	52.5±0.7 ^c	-5.2±0.1 ^b	39.7±0.7 ^b	2.4±0.6 ^d
Forno combinado (13 min)	41.3±0.8 ^a	94.9±0.2 ^e	53.8±0.8 ^{ab}	-3.5±0.1 ^a	41.2±0.8 ^a	5.0±0.6 ^a
Micro-ondas calor seco (12 min)	39.6±0.9 ^{bc}	99.3±0.2 ^a	54.3±0.3 ^a	-6.4±0.2 ^{bc}	40.0±0.9 ^{bc}	3.2±0.6 ^c
Brócolis						
Cru	23.9±3.4 ^c	104.3±0.5 ^c	43.6±2.0 ^c	-5.9±0.8 ^c	23.1±3.3 ^c	-
Imersão (8 min)	27.9±1.5 ^b	110.4±0.5 ^a	46.7±0.6 ^{abc}	-9.7±0.5 ^e	26.2±1.5 ^b	5.9±1.1 ^{ab}
Micro-ondas vapor (10 min)	30.6±0.9 ^a	103.3±0.8 ^d	46.4±1.1 ^{ab}	-7.1±0.3 ^d	29.8±0.9 ^a	7.3±1.1 ^a

Vapor tradicional (10 min)	26.9±1.6 ^b	105.6±0.2 ^b	48.0±2.7 ^a	-7.2±0.4 ¹	25.9±1.6 ^b	5.9±1.5 ^b
Forno combinado (13 min)	28.7±1.4 ^{ab}	99.5±0.7 ^e	45.5±1.5 ^{bc}	-4.7±0.5 ^b	28.3±1.4 ^{ab}	5.7±1.5 ^b
Micro-ondas calor seco (8 min)	26.6±1.7 ^b	92.9±0.5 ^f	47.1±0.9 ^{ab}	-1.3±0.3 ^a	26.5±1.7 ^b	6.8±0.8 ^{ab}
Cenoura						
Cru	43.0±2.0 ^d	53.5±0.8 ^d	46.8±1.6 ^c	25.6±0.7 ^{bc}	34.5±1.9 ^d	-
Imersão (10 min)	49.1±4.3 ^c	55.1±1.4 ^c	50.9±1.2 ^{ab}	28.0±2.1 ^a	40.3±4.0 ^c	7.9±3.7 ^{cd}
Micro-ondas vapor (10 min)	50.4±4.7 ^{bc}	60.3±1.1 ^a	49.2±2.9 ^b	24.9±2.4 ^c	43.8±3.7 ^{bc}	10.8±3.2 ^{bc}
Vapor tradicional (10 min)	53.9±4.5 ^{ab}	58.5±0.6 ^b	51.2±1.7 ^{ab}	28.1±2.1 ^a	46.0±4.0 ^{ab}	12.9±3.9 ^{ab}
Forno combinado (11 min)	55.9±1.9 ^a	60.1±1.2 ^a	52.9±0.6 ^a	27.8±0.8 ^a	48.5±2.1 ^a	15.4±1.7 ^a
Micro-ondas calor seco (12 min)	46.9 ±1.2 ^c	56.0±0.8 ^c	46.9±1.6 ^c	27.3±0.6 ^{ab}	40.3±1.2 ^c	6.4±1.3 ^d

Para cada vegetal e atributo, em colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Fisher ($p > 0,05$). C *: croma; h^o: ângulo de matiz; L: luminosidade; ΔE *: Diferença de cor, calculada em relação ao alimento cru, no entanto, a amostra bruta não foi apresentada aos provadores; a*: +a* vermelho e -a* intensidade verde; b*: +b* amarelo e -b* intensidade azul.

Entre os métodos de cozimento preferidos, a técnica que melhor preservou as características originais dos vegetais verdes foi o vapor em micro-ondas (matiz), mas isso parece ser uma característica mais desejável apenas em abobrinha, uma vez que, no caso do brócolis, a escolha caiu sobre a imersão, que adicionou luminosidade ao verde natural dos alimentos crus, abrindo a tonalidade. Apesar do uso de diferentes técnicas de análise em relação à nossa em que os vegetais foram homogeneizados, trabalho anterior analisando partes separadas do brócolis, ramo e floretes e parte externa e interna da abobrinha também encontrou aumento da tonalidade verde (abertura de cor) desses vegetais submetidos a tempos de cocção mais curtos, atribuídos pelo menos em parte a uma mudança nas propriedades refletivas da superfície e à profundidade da penetração da luz nos tecidos (PELLEGRINI et al., 2010). No entanto, uma das alterações mais conhecidas para a mudança de cor que ocorre em vegetais verdes quando submetidos ao aquecimento é a degradação da clorofila com a formação de feofitina, uma ocorrência mais comum no cozimento por períodos mais longos, aspecto que pode ser observado com o uso de forno combinado e micro-ondas para brócolis e forno combinado para abobrinha (PELLEGRINI et al., 2010).

Em relação à cenoura, todos os parâmetros, exceto a* na cenoura cozida no vapor no micro-ondas, tiveram seus valores aumentados; estudo semelhante

(CHANDRAN et al., 2014) realizado com beterraba também homogeneizada mostrou que, com o aumento da temperatura e do tempo, os valores 'a' diminuíram com um aumento correspondente nos valores 'b'. Resultados diferentes dos nossos também foram encontrados por Miglio et al. (2008); no entanto, suas medidas foram realizadas isoladas na parte externa e interna, e os valores para L^* , a^* e b^* diminuíram significativamente em todos os tratamentos realizados; C^* aumentou apenas na polpa interna e h^0 aumentou internamente e externamente. Além da variabilidade entre os estudos, devido principalmente à variabilidade dessas plantas, há também o fato de que a análise foi realizada de forma diferente.

Muitas das decisões sobre escolhas alimentares usam a cor dos alimentos como um guia para o sabor e a textura; no entanto, os resultados da colorimetria realizada por equipamento, comparados com as escolhas dos provadores, indicam que existem diferentes regras em relação à expectativa da cor do vegetal quando pronto para comer. Os resultados sugerem que é necessário avaliar melhor esta variável para associá-la à textura previamente definida. Estas duas características (cor e textura) podem ser obtidas escolhendo o melhor método de cozimento para alcançar os resultados desejados de estímulo ao consumo da hortaliça. Assim, para a abobrinha, a imersão, e o vapor tradicional e em micro-ondas tiveram a mesma aceitação, o mesmo ocorrendo com a cenoura, sem diferença significativa para as demais técnicas. No caso do brócolis foram preferidos pelos provadores a cocção por imersão e vapor tradicional, porém, sem diferença significativa para as demais.

4.3. Alteração do conteúdo de potássio, sódio e carotenoides em hortaliças submetidas a diferentes métodos de cocção.

Com relação às hortaliças testadas, as de cultivo orgânico foram todas adquiridas na mesma época, portanto pertencem ao mesmo período de plantio. Quanto às de cultivo convencional, elas foram adquiridas em períodos diferentes das orgânicas, portanto, mesmo que desejado, as quantidades de carotenoides entre os dois tipos de cultura não poderiam ser comparadas (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001), o mesmo sendo aplicado aos minerais. Não houve preocupação com os cultivares ou variedades porque, conforme já mencionado, elas interfeririam apenas nas quantidades de carotenoides/minerais encontradas e como o objetivo era avaliar o aumento/diminuição da bioacessibilidade, os valores absolutos não eram o foco

nesse processo e dificultariam a realização dos trabalhos, já que as hortaliças orgânicas possuem época específica de colheita, diferentemente das convencionais, encontradas nos supermercados e horti-frutis durante todo o ano.

A análise de carotenoides, K e Na realizada neste trabalho foi de um fruto, a abobrinha; de uma flor, o brócolis e de uma raiz, a cenoura.

4.3.1. Carotenoides

A Tabela 4 mostra as variações encontradas para a fração de carotenoides em cada hortaliça por sistema de plantio em cada método de cocção utilizado, considerando a hortaliça crua como sendo a unidade a partir da qual todas as alterações foram avaliadas.

Tabela 4. Teor de carotenoides nas hortaliças, de acordo com o sistema de plantio e método de cocção

TRATAMENTO/CULTIVO	ORGÂNICO		CONVENCIONAL	
Conteúdo de carotenoides	µg/g	Trat /Cru	µg/g	Trat /Cru
Abobrinha				
Cru	22,9±2,1 ^d	1,0	37,6±4,0 ^b	1,00
Imersão (10 min)	32,1±1,9 ^c	1,4	49,6±4,7 ^a	1,3
Vapor Tradicional (10 min)	40,0±4,2 ^b	1,7	38,1±4,7 ^b	1,0
Micro-ondas vapor (10 min)	29,7±2,0 ^c	1,3	54,6±4,4 ^a	1,5
Micro-ondas calor seco (12 min)	47,6±2,6 ^a	2,1	48,6±2,3 ^a	1,3
Forno combinado (13 min)	37,3±2,8 ^b	1,6	48,4±5,0 ^a	1,3
Brócolis				
Cru	54,5±3,7 ^d	1,0	77,4±5,8 ^{ab}	1,0
Imersão (8 min)	138,5±12,2 ^b	2,5	85,0±0,7 ^a	1,1
Vapor Tradicional (10 min)	200,2±21,1 ^a	3,7	81,5±10,7 ^a	1,1
Micro-ondas vapor (10 min)	185,4±2,9 ^a	3,4	77,8±1,8 ^{ab}	1,0
Micro-ondas calor seco (8 min)	88,3±1,0 ^c	1,6	62,8±6,6 ^b	0,8
Forno combinado (13 min)	151,5±11,1 ^b	2,8	90,9±16,3 ^a	1,2
Cenoura				
Cru	554,9±44,6 ^a	1,0	472,3±29,5 ^b	1,0

Imersão (10 min)	350,4±20,6 ^c	0,6	412,8±34,5 ^b	0,9
Vapor Tradicional (10 min)	320,2±31,8 ^{cd}	0,6	401,9±12,2 ^b	0,9
Micro-ondas vapor (10 min)	320,7±9,2 ^{cd}	0,6	455,9±43,1 ^b	1,0
Micro-ondas calor seco (12 min)	443,0±13,0 ^b	0,8	316,7±61,1 ^c	0,7
Forno combinado (11 min)	298,7±19,2 ^d	0,5	627,6±51,3 ^a	1,3

Para cada vegetal e atributo, em colunas, os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).

Os valores encontrados referem-se à facilidade/dificuldade com que os carotenoides foram extraídos após os tratamentos recebidos e podem refletir diretamente na bioacessibilidade e biodisponibilidade desses nutrientes.

4.3.1.1. Abobrinha e brócolis

A abobrinha e o brócolis compartilham a característica de terem os carotenoides estocados em cloroplastos, os quais são bastante sensíveis aos eventos abióticos (POGSON et al., 2015) e por isso pode ter havido diferença na liberação dos seus produtos (carotenoides) nos diferentes tipos de cultivo, considerando que não foram cultivados no mesmo período (BRITTON & KHACHIK, 2009). No entanto, também é possível que tenha havido influência do sistema de cultivo, considerando as características de nutrição e umidade inerentes à especificidade do cultivo orgânico (ORSINI et al., 2016) aos quais o cloroplasto é especialmente sensível.

Com relação à diferença das quantidades que foram extraídas entre as hortaliças orgânicas e de agricultura convencional, além do possível viés de terem sido cultivados em períodos diferentes do ano, Amaya et al. (RODRÍGUEZ-AMAYA et al., 2006) encontraram que mesmo para cultivares semelhantes, cultivados em situações geográficas idênticas, pode haver diferenças substanciais entre o conteúdo de carotenoides encontrados, sendo os mesmos em quantidades maiores quando se faz o cultivo orgânico. Adicionalmente, pode haver realmente diferença na formação dos tecidos de plantas de cultivo orgânico e convencional, capazes de alterar a liberação de compostos bioativos, tornando-os mais estáveis em algum dos

cultivos, conforme encontrado por Faller et al. (2009) com relação aos polifenóis em batata inglesa, cenoura, cebola, brócolis, e repolho branco de cultivo convencional.

No caso da abobrinha, como se trata de um fruto verde (imatur), ela ainda tem os carotenoides estocados nos cloroplastos já que algumas frutas com mesocarpo verde, como o kiwi (*Actinidia spp. deliciosa*) mantêm a cor verde e os cloroplastos típicos, semelhantes aos das folhas, até a maturidade e a colheita completa; possuindo também menor concentração de carotenoides, já que estes aumentam à medida em que o fruto amadurece e os cloroplastos são transformados em cromoplastos (SCHWEIGGERT & CARLE, 2017). Como os níveis elevados de carotenoides totais estão diretamente relacionados a uma maior densidade de cloroplastos e, portanto, a alimentos de cor verde escura, não era esperado encontrar grandes concentrações de carotenoides na abobrinha menina imatura (SCHWEIGGERT & CARLE, 2017).

Na abobrinha de cultivo orgânico, a maior extração de carotenoides foi obtida com a hortaliça cozida em calor seco (micro-ondas), o que parece ser consequência natural da concentração ocorrida com a perda de água e não realmente de impacto positivo nos tecidos facilitando o processo. No entanto, o mesmo não ocorreu com relação à abobrinha de cultivo convencional, porém, de toda forma, apesar da aparente diferença entre as quantidades extraídas nos diferentes métodos de cocção, não houve diferença estatística significativa entre eles. No caso do brócolis, a concentração parece não ter sido uma vantagem em nenhum dos métodos de cultivo, já que é uma hortaliça com menor teor de água e também há diferença da quantidade de fibras e proteínas encontradas nessas hortaliças. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (NEPA; UNICAMP, 2011), o brócolis tem cerca de 91% de água, enquanto a abobrinha cerca de 96%, o brócolis tem 2,9 g de fibras em 100 g da hortaliça crua, enquanto a abobrinha tem 1,2 g/100g; com relação à proteína, a abobrinha tem 0,6g/100g para 3,6 g/100g brócolis. No caso do brócolis, os resultados sugerem que a degradação dos complexos proteicos e o abrandamento das fibras foram mais importantes com relação ao aumento da extração dos carotenoides do que a concentração obtida com a redução da água no processo de calor seco, em virtude da diferença de composição entre as duas hortaliças.

Ryan et al. (2008), avaliando bioacessibilidade *in vitro* com hortaliça de cultivo convencional, encontraram que a abobrinha submetida a cocção em calor seco em micro-ondas e grelha, imersão ou vapor teve redução da bioacessibilidade de carotenoides em relação ao cru, resultado bastante diferente do nosso. No entanto, todas as formas de cocção testadas (imersão, vapor, micro-ondas e grelha) melhoraram a capacidade de micelização dos carotenoides quando submetidos ao processo de digestão *in vitro*, assinalando a importância do tratamento térmico para a melhora da absorção desses nutrientes.

Calculando os valores obtidos em análise de brócolis de agricultura convencional (DOS REIS et al., 2015) e orgânico (DOS REIS et al., 2014) cozido em imersão, vapor e micro-ondas com calor úmido (houve adição de água) e em potência máxima, constatou-se que os valores foram inversos aos nossos, com mais facilidade de extração dos carotenoides nas hortaliças de cultivo convencional do que nas orgânicas. No entanto, o tempo de cozimento em imersão foi menor, apenas 5 minutos e o cozimento em vapor foi realizado em equipamento, por 20 minutos, porém com as hortaliças já colocadas antes da produção do vapor que ocorreu em 8 minutos. Portanto, são dados difíceis de serem comparados, porque tratam-se de latitude e longitude bastante diferentes, aspecto que influencia diretamente na produção de carotenoides, além de não termos a informação da época em que ocorreram o cultivo e colheita.

Com relação ao estudo que foi utilizado como modelo para este trabalho (PELLEGRINI et al., 2010) e que empregou os mesmos métodos (exceto vapor em micro-ondas) e tempos semelhantes de cocção em alguns tratamentos, em brócolis de cultivo convencional, os resultados foram bastante diferentes com relação ao cru, quando calculados com base nos valores por eles encontrados nos métodos de cocção utilizados: 0,7 para imersão, 0,6 para micro-ondas, 1,0 para vapor tradicional e 1,2 para o forno combinado. Apenas o cozimento em forno combinado apresentou valor semelhante quando comparado ao brócolis de cultivo convencional em nosso trabalho. No entanto, é importante considerar que não temos como saber a época do cultivo e também que a latitude e a longitude são bastante diferentes, aspectos que influenciam diretamente na produção de carotenoides.

Em análise de carotenoides totais em amostras de brócolis submetidas a cocção por 5 minutos em imersão, vapor, micro-ondas em calor úmido (adição de 10

mL de água), refogado e também refogado (2 minutos) e cozido com adição de água (3 minutos), foi encontrado que a melhor extração de carotenoides ocorreu com a cocção em micro-ondas, vapor e refogado sendo que os carotenoides extraídos foram mantidos nas mesmas quantidades em relação ao cru, porém, quando foram submetidos a imersão e ao refogado com adição de água, houve redução da extratibilidade da ordem de 13% e 28%, respectivamente. Interessante notar que os pedaços eram iguais e os tempos de cocção também, havendo recrudescimento da parede celular sempre que se adicionou água, mesmo tendo havido também a adição de óleo.

Em estudo em que foram dosados β -caroteno e luteína (GLISZCZYŃSKA-SWIGŁO et al., 2006) em brócolis foi encontrado que a extração de ambos aumentou após a cocção por vapor e imersão. A água da cocção foi coletada e analisada, porém, não foram encontrados carotenoides nessa água, mostrando que não há perda de carotenoides no processo de cocção e que qualquer diferença entre amostras cruas e tratadas é decorrente da alteração da estrutura dos tecidos que passam a dificultar a extração, já que os carotenoides não são solúveis em água. Resultado semelhante – luteína e β -caroteno - foi encontrado em estudo realizado com a cocção em imersão, micro-ondas calor úmido e vapor tradicional, tendo sido constatado que quanto maior o tempo de cocção, maior a quantidade de carotenoides extraída, sendo que o vapor e o micro-ondas tiveram melhores resultados do que a imersão, tendo os autores concluído que a extração mais fácil poderia se traduzir em maior biodisponibilidade do nutriente quando ingerido (HWANG & KIM, 2012).

Em estudo realizado com brócolis branqueado, congelado e submetido a descongelamento em imersão, diretamente na água fervente, com o tempo de cozimento medido a partir do momento em que a água ferveu novamente (4min30) (GEBZCZYNSKI & LISIEWSKA, 2006) encontrou-se que não houve alteração do total de carotenoides após cozimento de brócolis por imersão, porém, houve ligeira redução quando do branqueamento.

Miglio et al. (2008) analisaram os carotenoides totais em abobrinha (*Cucurbita pepo*), brócolis (*Brassica oleracea*) e cenoura (*Daucus Carota*) de cultivo convencional submetidos a cozimento por imersão e forno combinado. Com relação à abobrinha, calculada a disponibilidade com base nos dados por eles encontrados,

houve redução nos dois métodos de cocção: imersão e mais acentuadamente no forno combinado, 0,8 em relação à hortaliça crua. No caso do brócolis, utilizando o mesmo procedimento de cálculo, houve aumento dos carotenoides extraídos nos dois métodos de cocção utilizados em relação à hortaliça crua: 1,3 na imersão e 1,2 no forno combinado. Infelizmente os tempos de cocção não foram informados, porém, por fazer parte de um grupo de estudo maior, é de se supor que, no caso do brócolis, tenha sido o mesmo utilizado no trabalho de Pellegrini et al. (2010), 8 minutos para imersão e 13 minutos para vapor em micro-ondas. Com relação ao brócolis, os resultados foram bastante semelhantes aos encontrados em nosso trabalho, porém, no que diz respeito à abobrinha, os valores foram bem inferiores, sendo o cultivar utilizado diferente, o que pode impactar no tipo de tecido, com composição diferente de fibras. Portanto, altera-se de forma consistente o comportamento dos carotenoides nesses tecidos e, além disso, é importante considerar que não há como saber a época do cultivo e também a latitude e a longitude são bastante diferentes, aspectos que influenciam diretamente na produção de carotenoides.

Zhang & Hamazu (2004) analisaram o conteúdo de carotenoides em brócolis submetidos a tempos progressivos de cocção em imersão convencional e em micro-ondas por 30, 60, 90, 120 e 300 segundos, em partes separadas, floretes e pedúnculos; ambas as técnicas causaram redução nos carotenoides totais extraídos, sendo que ela foi maior nos pedúnculos do que nos floretes e aumentando igualmente com o aumento dos tempos de cocção, com redução máxima de 23% para o tempo de 5 minutos (valor calculado com base nos dados do artigo), indicando que em um tempo mínimo de cocção há pouca interferência na acessibilidade, porém, com o aumento desse tempo há também o aumento da proteção dos carotenoides contra a sua degradação, a qual poderá ser rompida com maior tempo de cocção e aumento de temperatura (PALMERO et al., 2014) e/ou redução do tamanho do fracionamento da hortaliça (LEMMENS et al., 2010).

Com relação à abobrinha, a maioria dos métodos de cocção – imersão, micro-ondas vapor e forno combinado – não apresentou diferenças significativas no que diz respeito à facilidade de extração dos carotenoides entre as hortaliças de cultivo orgânico e convencional, apesar da visível diferença de conteúdo desses nutrientes nas amostras cruas e da evidente concentração da abobrinha submetida a cocção

no forno de micro-ondas em calor seco. No que diz respeito ao brócolis, houve um aumento dos carotenoides extraídos nas hortaliças orgânicas em relação às de cultivo convencional e nos dois tipos de cultivo a menor extração ocorreu quando se utilizou o forno de micro-ondas, o que pode sugerir que essa hortaliça de cultivo orgânico tinha menor quantidade de água (maior quantidade de matéria seca) como é sugerido ocorrer com esse tipo de cultivo e por isso se beneficiou da cocção, pelo aumento da umidade, hidratando suas fibras e facilitando a extração dos carotenoides.

No nosso trabalho, o comportamento diferenciado das hortaliças de cultivo convencional e orgânico (abobrinha e brócolis) pode ser atribuído tanto à influência do período de plantio quanto ao tipo de cultivo, considerando as mencionadas interferências abióticas sobre a qualidade dos cloroplastos. Isso poderia ter afetado tanto a quantidade das proteínas quanto a rigidez das fibras, o que poderia demandar maior tempo de cocção e/ou umidade para que os carotenoides fossem tornados disponíveis, conforme mencionado para o brócolis.

De toda forma, estudo em que foi avaliada a variação de compostos bioativos no brócolis de cultivo convencional e orgânico, com variáveis bióticas e abióticas com os controles possíveis de serem realizados, concluiu que os alimentos vegetais contêm uma grande diversidade de compostos bioativos que podem ser afetados pelo genótipo e que também respondem de forma diferente ao ambiente da planta, dependendo do metabólito específico envolvido. Ademais, compostos bioativos específicos podem ser sensíveis às práticas de produção utilizadas na agricultura orgânica ou convencional, enquanto outros não (VALVERDE et al., 2015).

4.3.1.2. Cenoura

Com base nos resultados de trabalho realizado com cenoura cozida em imersão, inteiras, com adição de sal, (PRIYADARSHANI & CHANDRIKA, 2007) calculamos a relação entre os valores encontrados para a cenoura crua e cozida e constatamos que a relação foi de 0,9, ou seja, houve redução da acessibilidade dos carotenoides totais nesse processo de cocção. A mesma proporção foi encontrada em nosso trabalho no que diz respeito à cenoura de cultivo convencional, apesar de todos os demais fatores que poderiam influenciar nesse resultado. No entanto, com

a adição de curry ou de coco em raspas, a acessibilidade não sofreu alterações significativas (PRIYADARSHANI & CHANDRIKA, 2007). Essas adições de outros componentes assinalam para o fato de que variações nas preparações convencionais podem modificar a disponibilidade de carotenoides para serem absorvidos, porém, não se pode esperar alterações substanciais.

No entanto, Nunn et al. (2006) ao analisarem brócolis e cenoura em cocção em vapor em micro-ondas e em imersão em fogão comum e de indução encontraram valores superiores para a cenoura e ligeiramente inferiores para o brócolis de cultivo convencional, com resultados semelhantes para os dois métodos de imersão. Mazzeo et al (2011) analisaram cenoura branqueada, congelada e depois descongelada em forno combinado (20 minutos) e em imersão (12 minutos) e, calculada a relação entre os valores encontrados no trabalhos deles para a cenoura crua e cozida constatamos que a acessibilidade foi de 0,9 tanto em imersão quanto no forno combinado, resultados bastante diferentes dos nossos, onde o forno combinado apresentou a melhor extração. No entanto, é importante considerar que, para os dois casos, não temos como saber a época do cultivo e também que a latitude e a longitude são bastante diferentes, aspecto que influencia diretamente na produção de carotenoides.

No cozimento de cenoura em imersão por 10 minutos (GAYATHRI et al., 2004), calculada a relação entre os valores encontrados no trabalhos deles para a cenoura crua e cozida constatamos que houve acessibilidade de 0,8 de β -caroteno (único carotenoide avaliado) em relação à hortaliça crua, resultado bastante semelhante ao nosso com a cenoura de cultivo convencional; também foi avaliada a cocção em pressão e, nas duas técnicas houve adição de especiarias (*curcuma longa*, tamarindo e cebola em pó) e de ácido cítrico e associação de ambos e das próprias especiarias (GAYATHRI et al., 2004). A retenção foi ligeiramente alterada e de forma diferente nos métodos de cocção, de acordo com as especiarias adicionadas, porém o que mais chama a atenção é o fato de a adição de ácido cítrico e cebola ter diminuído a disponibilidade de β -caroteno na cocção em imersão e ter aumentado no cozimento em pressão, o que sinaliza para outros fatores que podem potencializar a acessibilidade de carotenoides e que por si podem não fazer diferença em um método de cocção, porém podem influenciar de forma positiva ou negativa em outro.

Miglio et al. (2008) encontraram que a quantidade dos carotenoides extraídos foi reduzida (cálculos nossos com base nos dados do artigo, considerando a cenoura crua) quando a cenoura foi cozida em forno combinado (0,9) e, no caso de cocção por imersão, houve ligeiro aumento da acessibilidade (1,1), resultados bastante diferentes dos que encontramos em que o forno combinado foi o que apresentou melhores condições de aumento da acessibilidade de carotenoides (1,3), nas hortaliças de cultivo convencional. Parece ter havido influência da forma de cultivo sobre a facilidade de extração dos carotenoides, porém, como no caso da abobrinha e do brócolis, esse fato pode ser atribuído tanto à influência do período de plantio quanto do tipo de cultivo, que podem ter interferido sobre a qualidade dos cromoplastos. No entanto, é importante mencionar que o conteúdo de fibras da cenoura é bastante superior ao das demais hortaliças analisadas: 3,2g/100g e, portanto, realmente é esperado encontrar maior dificuldade na extração de nutrientes dessa hortaliça, considerando sua dose extra de proteção.

A análise da estrutura celular da cenoura realizada por meio de microscopia eletrônica (JEFFERY et al., 2012) encontrou que ela possui células com paredes celulares com microfibrilas de celulose fibrosa embutidas em uma matriz de polissacarídeos, hemicelulose e pectina e que as células são de tamanho pequeno, emparelhadas, com paredes espessas e mais densas com conteúdo de pectina que pode reduzir a porosidade da parede celular. Zdunek & Umeda, (2005) em análise de cenoura e batata inglesa, avaliaram por meio de microscopia confocal a disposição espacial das células e seus parâmetros geométricos, como o tamanho, a forma e a orientação das células dentro do tecido e concluíram que a fratura de tecidos compostos por células maiores requer menos trabalho (uma menor proporção de parede celular, isto é, uma menor concentração de paredes celulares, no tecido conduz a uma falha aumentada). Dessa forma, parece claro que para que ocorra a liberação do conteúdo de carotenoides dos tecidos da cenoura é necessário que haja um aumento expressivo da temperatura por tempo mais prolongado para suprir a energia necessária ao rompimento das paredes celulares densas e em grande quantidade, além da dissolução da pectina.

Os cristais de caroteno parecem ser a principal subestrutura de armazenamento no cromoplasto das cenouras e pensa-se que estão entre os mais difíceis de solubilizar durante a digestão. No entanto, Jeffery et al. (2012) em análise

de nove frutas e hortaliças cruas, encontraram que a cenoura tem dificuldade média de extração de carotenoides; porém, eles trabalharam com a cenoura homogeneizada e crua, o que não difere dos nossos resultados, onde a cenoura crua teve uma extração significativamente elevada de carotenoides em relação aos tratamentos utilizados.

Lemmens et al. (2010) em análise de cenouras cortadas em pedaços de cerca de 1 cm³ cozidas por imersão por 3 e 25 minutos e também cruas, fracionadas em 12 diferentes tamanhos de partículas (<40 µm, 41-80 µm, 81-125 µm, 126-160 µm, 161-250 µm, 251-500 µm, 501-800 µm, 801-1000 µm, 1001-1400 µm, 1401-2000 µm, 2001-4000 µm, e 4001-6300 µm), encontraram que a liberação de β-caroteno do tecido da cenoura é dependente do tamanho de partícula, indicando inclusive que tratamento térmico menos intenso – 3 minutos – em partículas menores do que 125 µm, apresentou pronunciado aumento da extração de carotenoides em relação às amostras cruas e às cozidas por mais tempo (25 minutos).

Interessante notar o comportamento diferenciado entre as hortaliças de cultivo orgânico e convencional no que diz respeito ao cozimento em calor seco, pois todas elas quando submetidas a esse tipo de cozimento quando em cultivo orgânico a extração de carotenoides foi marcadamente maior nas hortaliças orgânicas, reforçando a ideia de que hortaliças de cultivo convencional podem ter maior quantidade de água, ou seja, maior dissolução de nutrientes. Além disso, é clara a maior acessibilidade dos carotenoides na abobrinha e brócolis de cultivo orgânico o que talvez tenha relação com o resultado da hidratação dos tecidos, considerando o seu possível menor conteúdo de água.

4.3.2. Potássio (K) e Sódio (Na)

A Tabela 5 mostra as alterações ocorridas no conteúdo de potássio e de sódio em cada hortaliça por sistema de cultivo em cada método de cocção utilizado, considerando a hortaliça crua como sendo a unidade a partir da qual todas as alterações foram avaliadas.

Tabela 5. Alterações de conteúdo de Potássio e Sódio nas hortaliças, de acordo com o sistema de cultivo e método de cocção

TRATAMENTO/CULTIVO	ORGÂNICO				CONVENCIONAL			
	Potássio		Sódio		Potássio		Sódio	
	mg/100g	Trat /Cru	mg/100g	Trat /Cru	mg/100g	Trat /Cru	mg/100g	Trat /Cru
Abobrinha								
Cru	1.513,3±71,3 ^a	1,0	1,5±0,1 ^a	1,0	150,4±4,5 ^{bc}	1,0	6,3±0,6 ^{bc}	1,0
Imersão (10 min)	1.217,4±32,1 ^b	0,8	1,2±0,1 ^b	0,8	152,4±3,0 ^{bc}	1,0	4,7±0,4 ^d	0,8
Vapor Tradicional (10 min)	1.090,9±56,7 ^c	0,7	0,8±0,0 ^c	0,5	162,5±11,5 ^{ab}	1,1	5,4±0,5 ^{cd}	0,9
Micro-ondas vapor (10 min)	1.090,0±23,0 ^c	0,7	1,2±0,1 ^b	0,8	148,9±3,1 ^c	1,1	9,7 ±0,5 ^a	1,5
Micro-ondas calor seco (12 min)	1.069,1±22,7 ^c	0,7	1,1±0,1 ^b	0,7	172,2±10,0 ^a	1,2	8,8±0,5 ^a	1,4
Forno combinado (13 min)	1.035,5±8,9 ^c	0,7	1,2±0,3 ^b	0,9	86,9±3,0 ^d	0,6	7,3±1,1 ^b	0,8
Brócolis								
Cru	81,4±3,0 ^b	1,0	7,8±0,3 ^b	1,0	159,4±4,2 ^{bc}	1,0	9,4±0,5 ^b	1,0
Imersão (8 min)	55,6±4,7 ^c	0,7	7,9±0,1 ^b	1,0	107,6±4,1 ^e	0,7	6,3±0,5 ^c	0,7
Vapor Tradicional (10 min)	79,7±2,6 ^b	1,0	5,9±0,0 ^c	0,8	154,3±14,9 ^c	1,0	9,6±1,0 ^b	1,0
Micro-ondas vapor (10 min)	77,8±4,0 ^b	1,0	5,8±0,3 ^c	0,7	184,0±9,4 ^a	1,2	9,1±0,4 ^b	1,0
Micro-ondas calor seco (8 min)	132,9±6,2 ^a	1,6	9,8±0,7 ^a	1,2	176,0±14,6 ^{ab}	1,1	7,0±0,0 ^c	0,7
Forno combinado (13 min)	61,4±4,9 ^c	0,7	8,2±0,1 ^b	1,0	133,41,2 ^d	0,8	11,6±0,1 ^a	1,2
Cenoura								
Cru	1.155,9±46,7 ^{de}	1,0	3,6±0,1 ^d	1,0	169,7±5,9 ^b	1,0	7,4±0,5 ^c	1,0
Imersão (10 min)	1.108,4±90,7 ^e	1,0	4,7±0,4 ^b	1,3	167,5±4,7 ^b	1,0	6,5±0,6 ^d	0,9
Vapor Tradicional (10 min)	1.352,6±37,3 ^{ab}	1,1	4,4±0,3 ^{bc}	1,2	181,4±7,6 ^b	1,1	7,2±0,3 ^{cd}	1,0
Micro-ondas vapor (10 min)	1.324,1±30,5 ^{bc}	1,1	5,2±0,2 ^a	1,4	129,0±11,8 ^c	0,8	7,6±0,4 ^{bc}	1,0
Micro-ondas calor seco (12 min)	1.434,4±24,6 ^a	1,2	4,2±0,2 ^c	1,1	173,6±16,5 ^b	1,0	8,4±0,6 ^{ab}	1,1

Forno combinado (11 min)	1.247,7±56,5 ^{cd}	0,5	5,3±0,2 ^a	1,5	205,8±1,4 ^a	1,2	9,2±0,5 ^a	1,2
--------------------------	----------------------------	-----	----------------------	-----	------------------------	-----	----------------------	-----

Para cada vegetal e atributo, em colunas, os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).

Considerando que o sódio é um íon eminentemente extracelular, é esperado que seja mais facilmente lixiviado em qualquer tratamento que seja submetido que envolva água em maior ou menor quantidade, sendo esperado que apresente valores menores do que o da hortaliça crua; porém, com o abrandamento das paredes celulares, as quantidades existentes no meio intracelular seriam também liberados, esperando-se que nesses casos os valores do sódio fossem aumentados (ADAMS & ERDMAN JR., 1988; MILLER, 2010). Para processos em calor seco, independentemente da quantidade de umidade presente na hortaliça, deveria ocorrer um aumento da concentração desse nutriente. Com relação à diferenciação por tipo de cultivo, considerando que o potássio e o sódio atuam às vezes de forma conjunta ou em contrarregulação, é esperado que o potássio seja mais alto em hortaliças de cultivo convencional, pela utilização do NPK como fertilizante, e, conseqüentemente, o sódio acompanharia o potássio (REEVE et al., 2016).

O potássio é um íon eminentemente intracelular, sendo encontrado em menores quantidades no meio extracelular. Como íon intracelular, naturalmente que depende do abrandamento da parede celular para que seja liberado para o meio externo. Dessa forma seria esperado que os valores dosados fossem sempre um pouco maiores quando o alimento fosse submetido a tratamentos térmicos, especialmente em processos que envolvessem menos água, pois esta favoreceria sua lixiviação, já que é hidrossolúvel (ADAMS & ERDMAN JR., 1988; MILLER, 2010).

Enfim, é esperado sempre um acréscimo de potássio e de sódio quando as hortaliças são submetidas a processos de cocção que não envolvam a sua lixiviação para a água de cocção.

Com relação à diferenciação de conteúdo de potássio esperado por tipo de cultivo, tal fato não ocorreu, pelo contrário, tanto a abobrinha quanto a cenoura de cultivo orgânico apresentaram quantidades consideravelmente superiores de potássio do que as de cultivo convencional. Porém, conforme mencionado, as hortaliças orgânicas e convencionais foram cultivadas em períodos diferentes e esse fator poderia alterar a absorção de nutrientes, até porque, para cada época de plantio são utilizados cultivares diferentes (AUGUSTO et al., 2015; MAKISHIMA, 1993; VIEIRA & PESSOA, 2008) com vistas à melhor adaptação climática, portanto,

seria impossível comparar os resultados, tanto para o potássio como para o sódio em todas as hortaliças analisadas.

Com relação à abobrinha de cultivo convencional, realmente os dois processos que menos envolviam água (micro-ondas calor seco – nenhuma água e vapor em micro-ondas – 1/5 água/hortaliça) foram os que apresentaram quantidade superior de sódio em relação à hortaliça crua. No entanto, na abobrinha de cultivo orgânico todos os métodos de cocção apresentaram valores bastante semelhantes entre si. Para brócolis, o comportamento de sódio e potássio não foi semelhante no cultivo orgânico. No entanto, o potássio apresentou-se aumentado em cocção por micro-ondas e também no vapor tradicional; para o sódio, só houve aumento para o micro-ondas calor seco. No cultivo convencional, o potássio do brócolis apresentou-se similar ao cru apenas na cocção a vapor tradicional; já para sódio foi igual tanto para vapor tradicional quanto para o vapor em micro-ondas. Para a cenoura, o sódio apresentou-se aumentado em todos os métodos de cocção para o cultivo orgânico, e para o convencional, apenas o método de imersão apresentou redução. Para o potássio, também houve aumento da concentração, sendo menor apenas para o forno combinado no cultivo orgânico e, menor no micro-ondas vapor para o cultivo convencional.

No entanto, em trabalho realizado com o objetivo de redução de potássio em brócolis, cenoura e batata, no qual se utilizou, respectivamente para o brócolis e a cenoura, os tempos de cozimento por 10 e 17 minutos em imersão tradicional, 5 e 10 minutos para imersão em micro-ondas e 8 e 10 minutos em panela de pressão, foi encontrado que nas técnicas de imersão tradicional e em micro-ondas houve redução do potássio em relação ao controle cru, sendo que tanto a cenoura quanto o brócolis tiveram maior perda de potássio na imersão em micro-ondas em relação à imersão tradicional, porém, o brócolis teve maior perda de potássio quando cozido em panela de pressão (COPETTI; DE OLIVEIRA; KIRINUS, 2010).

Trabalho de 2012 (DOMAGAŁA-SWIĄTKIEWIC & GAŚTOŁ, 2012) em que se avaliou o conteúdo de potássio e sódio em suco de cenouras de cultivo orgânico e convencional encontrou que embora tenham sido detectadas algumas diferenças no teor de potássio, elas não foram estatisticamente significantes. Revisão de 2008 (BENBROOK et al., 2008) comparou 32 pares equivalentes orgânicos/convencionais e concluiu que o nível de potássio em amostras de plantas

convencionais foi maior em 58% dos pares, o que seria esperado pelo tipo de fertilização utilizada. No entanto, o método de cultivo não influenciou o teor de sódio na cenoura, porém, o autor relata que estudos mais antigos (anteriores ao ano 2000) demonstraram menores níveis de sódio e também concentrações maiores de potássio em vegetais orgânicos, semelhante aos resultados encontrados no nosso trabalho.

Trabalho com o uso de micro-ondas em calor úmido foi realizado utilizando 3 potências diferentes – 1000, 750 e 500 W - com 2 tempos de cocção em cada uma – 2,5 e 5 minutos – e com adição de diferentes quantidades de água – 100 e 150 mL – para 150 g de brócolis de cultivo convencional, havendo o controle com a hortaliça crua. Foram dosados os nutrientes nas amostras e na água de cozimento (LÓPEZ-BERENGUER et al., 2007). Com relação ao potássio, houve variação mínima entre os tempos de cocção e entre esses e a hortaliça crua, independente da potência e quantidade de água utilizadas. No entanto, é possível perceber que a soma do mineral retido no alimento e o encontrado na água de cozimento é maior do que o encontrado na hortaliça crua, sendo que em alguns casos nem houve perda do mineral na água de cocção (maiores tempos de cocção), sugerindo que parte do potássio intracelular foi extraído. No que diz respeito ao sódio, os resultados já foram um pouco diferentes, apesar da semelhança dos resultados entre os tempos, potência e quantidades extraídas e lixiviadas na água de cocção, é interessante notar que em todos eles a soma das duas parcelas (dosagem no alimento e na água de cocção) foi inferior ao encontrado no alimento cru, sugerindo a troca iônica (Na^+/K^+) entre os meios intracelular e extracelular quando da danificação da parede celular.

Para a cocção de abobrinha, ficaram estabelecidos: 10 minutos para imersão e vapor tradicional e micro-ondas, 12 minutos para o micro-ondas calor seco e 13 minutos para cocção em forno combinado. Para o brócolis, os tempos definidos foram: 8 minutos para imersão e micro-ondas calor seco, 10 minutos para vapor tradicional e em micro-ondas e 13 minutos para o forno combinado. Com relação à cenoura, os tempos estabelecidos foram: 10 minutos para imersão, vapor tradicional e em micro-ondas e 12 minutos para calor seco em micro-ondas e 11 minutos para o forno combinado.

Exceto pela cenoura de cultivo orgânico, todas as hortaliças tiveram melhor extração de carotenoides quando submetidas a tratamento térmico. Nesse caso, a cenoura apresentou pior acessibilidade quando cozida em forno combinado (50% em relação à cenoura crua) e melhor em forno de micro-ondas (80% em relação ao controle), possivelmente pela concentração natural da perda de umidade. Nos demais métodos de cocção não houve diferença entre eles, porém, com redução considerável em relação à hortaliça crua – 40%. Na cenoura de cultivo convencional, a extratibilidade de carotenoides, de forma geral, foi superior à encontrada na de cultivo orgânico, porém, à exceção do forno combinado (aumento de 30%) e micro-ondas calor seco (perda de 30%), não apresentaram diferença entre si e os valores foram semelhantes aos da hortaliça crua.

Na abobrinha houve aumento de acessibilidade para todos os métodos de cocção e cultivo, exceto para o vapor tradicional na hortaliça de cultivo convencional. Com relação à abobrinha de cultivo convencional, a melhor extração ocorreu quando submetida a cozimento no vapor em micro-ondas (mais 50%), enquanto para a de cultivo orgânico, no micro-ondas em calor seco (mais 110%), tendo o cozimento em vapor tradicional apresentado a melhor extração entre os métodos de cocção considerados adequados pelos provadores (70%); imersão e micro-ondas vapor apresentaram valores estatisticamente semelhantes, mais 40 e 30%, respectivamente. No forno combinado o aumento foi de 60%. No entanto, no cultivo convencional para vapor tradicional não houve melhora na extração, enquanto para os demais métodos de cocção (não aprovados) houve um aumento de 30%.

Com relação ao brócolis, as diferenças de extratibilidade entre orgânicos e convencionais é bastante marcante, especialmente nos métodos de cocção aprovados como mais adequados. Com relação à hortaliça de cultivo convencional, o cozimento por imersão e em vapor tradicional, ambos tiveram aumento de 10% em relação ao cru, enquanto o cozimento em vapor em micro-ondas apresentou valor semelhante ao controle (micro-ondas em calor seco teve perda de 20% e o forno combinado aumento de 20%). No cultivo orgânico, o mínimo de aumento de extração entre os métodos escolhidos pelos provadores foi de 150% na imersão, porém com mais 240 e 270% de extração em relação à hortaliça crua para os métodos de micro-ondas vapor e vapor tradicional, respectivamente (o vapor em

micro-ondas calor seco apresentou extração maior de 60%, enquanto o forno combinado, 180%).

Com relação aos minerais, a abobrinha de cultivo orgânico teve redução de potássio e de sódio, de forma quase homogênea, em todas as técnicas de cocção. Para potássio, a redução foi de 20% na imersão e de 30% nas demais técnicas. Com relação ao sódio, a perda foi de 50% no vapor tradicional, 10% no forno combinado, 20% em imersão e no vapor em micro-ondas e de 30% no micro-ondas em calor seco.

Com relação à abobrinha de cultivo convencional, o potássio permaneceu “estável” na imersão e teve 40% de perda no forno combinado, porém, nos demais métodos de cocção houve um aumento de 10% na extração para o vapor tradicional e em micro-ondas e de 20% no micro-ondas em calor seco, possivelmente pela concentração esperada pela perda de água nesse tipo de cozimento. No que diz respeito ao sódio, a redução foi de 20% para imersão e forno combinado, 10% para o vapor tradicional e aumento de 40 e 50% para micro-ondas em calor seco e vapor, respectivamente.

O brócolis de cultivo orgânico e convencional apresentaram resultados iguais com relação ao potássio para a imersão e vapor tradicional. No vapor em micro-ondas, não houve alteração no cultivo orgânico e um aumento de 20% no convencional. No forno combinado foi bastante semelhante, com perda de 30% no cultivo convencional e 20% no cultivo orgânico, enquanto no calor seco em micro-ondas houve um aumento de 60% no cultivo orgânico e perda de 20% no cultivo convencional.

Quanto ao sódio, no cultivo convencional, não houve alteração tanto no vapor tradicional quanto no vapor em micro-ondas, e a imersão e calor seco em micro-ondas apresentaram redução de 30%; no forno combinado houve um acréscimo de 20%. No cultivo orgânico, na imersão e no forno combinado não houve alteração com relação ao cru, o vapor tradicional e em micro-ondas não tiveram diferença significativa e apresentaram, respectivamente, redução de 20 e 30%; no calor seco em micro-ondas, houve um acréscimo de 20%.

No que diz respeito à cenoura, com relação ao potássio, o comportamento do cultivo orgânico e convencional foram bastante semelhantes, sendo iguais para

imersão e vapor tradicional, com aumento de 10% no vapor tradicional e sem alteração com relação ao cru na imersão; no vapor em micro-ondas, aumentou 10% no cultivo orgânico e reduziu 20% no convencional. Para as técnicas de cocção não aprovadas, o calor seco em micro-ondas aumentou 20% no orgânico e sem alteração no convencional, enquanto para o forno combinado houve redução de 46% no orgânico e aumento de 20% no convencional.

Para o sódio, a cenoura orgânica apresentou extração mais facilitada do que a de cultivo convencional. Na imersão e vapor convencional não houve diferença significativa, sendo 30% maior na imersão de 20% no vapor convencional. A maior extração foi obtida no vapor em micro-ondas – 50%, entre as técnicas escolhidas pelos provadores, sendo 10% no calor seco em micro-ondas e 50% no forno combinado. Na cenoura de cultivo convencional as alterações foram menos significativas, havendo redução de 10% na imersão e sem alteração no vapor tradicional e em micro-ondas. No forno combinado houve um acréscimo de 20% e de 10% no calor seco em micro-ondas.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Os testes para a escolha da melhor textura do alimento mostraram que, em geral, não há muita distinção pelos provadores entre o cozimento intermediário e os pontos mais macios e as análises instrumentais de textura e cor mostraram resultados semelhantes, permitindo assim a definição do tempo ideal de cocção de acordo com o que melhor preserva os nutrientes nas hortaliças.

Em relação aos métodos de cozimento, ficou evidente que o uso de micro-ondas em menor potência para cozinhar em calor seco não é adequado para o cozimento de hortaliças porque a água é o fator mais importante na cocção de alimentos em micro-ondas e o sucesso ou o fracasso de quase todas as preparações alimentícias usando esse equipamento depende de como a água foi gerenciada. No entanto, o micro-ondas pode até ser usado com menos tempo e potência superior, onde pode haver uma melhor preservação das características sensoriais. O forno combinado, por sua vez, parece não ser adequado para este propósito - cozinhar vegetais sem adicionar água ou molho - mas pode ser mais apropriado para restauração e para a preparação de carne e outros pratos.

Parece que a definição de tempos de cozimento de vegetais para melhorar sua aceitação depende da firmeza desejada, a qual, depois de definida, pode ser avaliada por equipamentos para criar tabelas com essa informação. No entanto, muitas das decisões sobre escolhas alimentares usam a cor dos alimentos como um guia para o sabor e a textura, mas os resultados de colorimetria indicam que existem diferentes regras em relação à expectativa da cor do vegetal enquanto está pronto para comer. Os resultados sugerem que é necessário avaliar melhor esta variável para associá-la à textura previamente definida. Estas duas características (cor e textura) podem ser obtidas escolhendo o melhor método de cozimento para alcançar os resultados desejados.

Os testes para a escolha da melhor textura do alimento mostraram que, em geral, não há muita distinção por parte dos provadores entre o cozimento intermediário e os pontos mais tenros e a análise instrumental de textura e cor mostraram resultados semelhantes, permitindo assim a definição do tempo ideal de cozimento como aquele que melhor preserva os nutrientes nos vegetais.

Em relação aos métodos de cozimento, ficou evidente que o uso de micro-ondas em menor potência para cozinhar em calor seco não é adequado para cozinhar hortaliças porque a água é o fator mais importante em alimentos cozidos em micro-ondas e o sucesso ou o fracasso de quase todas as preparações alimentícias depende de como a água foi gerenciada. No entanto, ele pode até ser usado com menos tempo e potências superiores, quando poderá haver melhor preservação das características sensoriais. O forno combinado, por sua vez, parece não ser adequado para este propósito - cozinhar vegetais sem adicionar água ou molho - mas pode ser mais apropriado para restauração e para a preparação de carnes e outros pratos. Sensorialmente, esses métodos foram os menos preferidos pelos provadores.

Parece que a definição de tempos de cozimento de vegetais para melhorar sua aceitação depende da firmeza desejada, que, depois de ser definida, pode ser avaliada por equipamentos para criar tabelas com essa informação. No entanto, muitas das decisões sobre escolhas alimentares usam a cor dos alimentos como um guia para o sabor e a textura.

Com relação aos métodos de cocção preferidos, de acordo com a análise de textura, eles foram os detectados como mais tenros, não divergindo da escolha dos provadores em nenhuma das hortaliças. Quanto às cores, com relação ao brócolis, a escolha de cor também coincidiu em alguns dos parâmetros, especialmente a diferença de cor (ΔE^*) e a intensidade do verde ($+b^*$ e $-a^*$), indicando uma busca por uma cor diferente da encontrada na hortaliça crua, mas preservando mais a tonalidade verde escura; no entanto, com relação à abobrinha não houve coincidência na escolha, talvez pelo fato de ser uma hortaliça menos consumida pode não existir um padrão mentalmente estabelecido como o ideal, condição que normalmente precede a definição de preferência. Com relação à cenoura, as alterações medidas apresentam resultados similares aos encontrados para esse fator quando da análise global das amostras realizada pelos provadores quando se analisa os parâmetros que talvez sejam os mais importantes nessa hortaliça, a propensão à tonalidade vermelha ($+a^*$) e a luminosidade da cor (L^*).

Com relação aos carotenoides nas hortaliças cruas, apenas a cenoura apresentou maior concentração quando do cultivo orgânico sendo que tanto a abobrinha quanto o brócolis tiveram maior concentração quando do cultivo convencional. Com relação aos minerais, também nas hortaliças cruas, quando em cultivo orgânico, a abobrinha e a cenoura apresentaram maiores concentrações de potássio, enquanto o contrário ocorreu com o brócolis. No que diz respeito ao sódio, todas as hortaliças de cultivo convencional apresentaram maior teor desse mineral em relação às de cultivo orgânico. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, as épocas de cultivo foram diferentes entre as hortaliças orgânicas e convencionais, por isso essa comparação pode não ser válida, tanto para os carotenoides quanto para os minerais.

O tratamento térmico de forma geral melhora a acessibilidade dos carotenoides e em maior proporção nas hortaliças de cultivo orgânico do que nas de cultivo convencional, exceção para a cenoura, em que a acessibilidade reduziu de forma bastante acentuada no cultivo orgânico, enquanto no cultivo convencional houve ligeiras reduções ou manutenção, porém, sem significância estatística. Com relação ao sódio e potássio, houve ligeiras diferenças, ora em perdas, ora acréscimos, entre as técnicas de cocção e os métodos de cultivo, porém, todas em pequenas proporções e poucas delas tiveram significância estatística.

6. BIBLIOGRAFIA

ADAMS, C. E.; ERDMAN JR., JOHN W. Effects of Home Food Preparation Practices on Nutrient Content of Foods. In: KARMAS, Endel.; HARRIS, Robert Samuel. (Eds.). **Nutritional evaluation of food processing**. 1st ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1988. p. 557–595.

ARAÚJO, W. M. C. et al. **Alquimia dos alimentos**. BRASÍLIA - DF: EDITORA SENAC DISTRITO FEDERAL, 2007.

BENBROOK, C.; ZHAO, X.; YÁÑEZ, J. New evidence confirms the nutritional superiority of plant-based organic foods. **State of Science Review: Nutritional Superiority of Organic Foods**, [s. l.], n. March, p. 49, 2008.

BERNACCHIA, R.; PRETI, R.; VINCI, G. Organic and Conventional Foods: **Italian Journal of Food Science**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 565–579, 2016.

BERNARDI, A. C. C.; OKA, S. H.; DE SOUZA, G. B. Comparação de técnicas analíticas para a extração de potássio de amostras de tecido vegetal com água e soluções ácidas concentrada e diluída. **Ecletica Quimica**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 45–49, 2010.

BERNHARDT, S.; SCHLICH, E. Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 77, n. 2, p. 327–333, 2006.

BILLARD, V. et al. Copper-deficiency in Brassica napus induces copper remobilization, molybdenum accumulation and modification of the expression of chloroplastic proteins. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 9, n. 10, 2014.

BONGONI, R. et al. Consumer behaviour towards vegetables: A study on domestic processing of broccoli and carrots by Dutch households. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, [s. l.], v. 28, p. 219–225, 2014.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1–34, 2002.

BRANDT, K. et al. Agroecosystem Management and Nutritional Quality of Plant Foods: The Case of Organic Fruits and Vegetables. **Critical Reviews in Plant Sciences**, [s. l.], n. September 2011, p. 37–41, 2011.

BRANDT, K.; MØLGAARD, J. P. Organic agriculture: Does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 81, n. 9, p. 924–931, 2001.

BRANDT, K.; MØLGAARD, J. P. Chapter 13 Food quality. In: CSIRO PUBLISHING (Ed.). **Organic Agriculture: A global perspective**. 2006. ed. Collingwood - Australia: CSIRO PUBLISHING, 2006. v. 2p. 305–322.

BRASIL. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. IBGE, 2010. [s.l: s.n.]. v. 39

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Agência Nacional de Saúde Suplementar. Vigitel Brasil 2014 Saúde Suplementar: vigilância de fatores

de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. BRASIL. 1a. ed. BRASÍLIA - DF: **MINISTÉRIO DA SAÚDE**, 2014.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica - PLANAPO. 1a. ed. BRASÍLIA - DF: **MDS; CIAPO**, 2015. v. 1

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. Cellular mechanisms of potassium transport in plants. **Physiologia Plantarum**, [s. l.], v. 133, n. 4, p. 637–650, 2008.

BRITTON, G. Carotenoids. In: SPRINGER (Ed.). **Natural Food Colorants**. Second ed. London: SPRINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, B.V., 1997. p. 197–243.

BRITTON, G.; KHACHIK, F. Chapter 3. Carotenoids in Food. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Eds.). **Carotenoids Volume 5: Nutrition and Health**. Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 45–66.

CANENE-ADAMS, K.; ERDMAN JR., J. W. Chapter 7: Absorption, Transport, Distribution in Tissues and Bioavailability. In: G. BRITTON, S. LIAAEN-JENSEN, H. Pfander (Ed.). **Carotenoids Volume 5: Nutrition and Health**. Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 115–148.

CARBONELL-CAPELLA, J. M. et al. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 155–171, 2014.

CASTENMILLER, J. J. M.; WEST, C. E. Bioavailability and Bioconversion of Carotenoids. **Annual Review of Nutrition**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 19–38, 1998.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods — A review. **Food Research International**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 823–835, 2013.

COPETTI, C.; DE OLIVEIRA, V. R.; KIRINUS, P. Avaliação da redução de potássio em hortaliças submetidas a diferentes métodos de cocção para possível utilização na dietoterapia renal. **Revista de Nutricao**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 831–838, 2010.

COSTA, C. et al. Is organic farming safer to farmers' health? A comparison between organic and traditional farming. **Toxicology Letters**, [s.l.], v.230, n.2, p.166-176, 2014.

CRINNION, W. J. Organic foods contain higher levels of certain nutrients, lower levels of pesticides, and may provide health benefits for the consumer. **Alternative Medicine Review**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 4–12, 2010.

D'EVOLI, L. et al. Phenolic Acids Content and Nutritional Quality of Conventional, Organic and Biodynamic Cultivations of the Tomato CXD271BIO Breeding (*Solanum lycopersicum*). **Food and Nutrition Sciences**, [s. l.], v. 7, n. 12, p. 1112–1121, 2016.

DANGOUR, A. et al. Nutritionl Quality of Organic foods: A systematic Review. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 90, p. 680–685, 2009.

DOS REIS, L. C. R. et al. Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1) grown in an organic system. **Food Chemistry**, [s. l.], v.

172, p. 770–777, 2014.

DOS REIS, L. C. R. et al. Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1). **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 177–183, 2015.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 210–215, 2009.

FURR, H. C.; CLARK, R. M. Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. **Journal of Nutritional Biochemistry**, [s. l.], v. 8, n. 7, p. 364–377, 1997.

GAŚTOŁ, M.; DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ, I.; KROŚNIAK, M. Organic versus conventional – a comparative study on quality and nutritional value of fruit and vegetable juices. **Biological Agriculture & Horticulture**, [s. l.], v. 27, n. 3–4, p. 310–319, 2011.

GAYATHRI, G. N. et al. Influence of antioxidant spices on the retention of β -carotene in vegetables during domestic cooking processes. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 84, n. 1, p. 35–43, 2004.

GEBCZYNSKI, P.; LISIEWSKA, Z. Comparison of the level of selected antioxidative compounds in frozen broccoli produced using traditional and modified methods. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s.l.], v.7, n.3, p.239–245, 2006.

GLISZCZYŃSKA-SWIGŁO, A. et al. Changes in the content of health-promoting compounds and antioxidant activity of broccoli after domestic processing. **Food additives and contaminants**, [s. l.], v. 23, n. 11, p. 1088–1098, 2006.

GREENFIELD, H.; SOUTHGATE, D. A. T. Food composition data. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, [s. l.], p. 183, 2003.

GRINDER-PEDERSEN, L. et al. Effect of diets based on foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, n. 19, p. 5671–5676, 2003.

HALWEIL, B. Still No Free Lunch. **Worldwatch Institute**, [s. l.], n. September, 2007.

HEATON, Shane. **Organic farming, food quality and human health. A review of the evidence**. Gloucester: Severnprint, 2001.

HEDRÉN, E.; DIAZ, V.; SVANBERG, U. Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method. **European Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 56, n. 5, p. 425–430, 2002.

HOU, X.; JONES, B. T. Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry. **Spectroscopy Letters**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 58–61, 2000.

HUNTER, D. et al. Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 51, n. 6, p. 571–582, 2011.

HWANG, Eun-Sun; KIM, Gun-Hee. Effects of various heating methods on glucosinolate, carotenoid and tocopherol concentrations in broccoli. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [s. l.], v. 64, n. February, p. 103–111, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1a. edição ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (São Paulo), 2008.

ISAYENKOV, S.; ISNER, J. C.; MAATHUIS, F. J. M. Vacuolar ion channels: Roles in plant nutrition and signalling. **FEBS Letters**, [s. l.], v. 584, n. 10, p. 1982–1988, 2010.

DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWIC I.; GAŚTOŁ, M. Comparative study on mineral content of organic and conventional carrot, celery and red beet juices. **Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 173–183, 2012.

JARRELL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, [s. l.], v. 34, n. C, p. 197–224, 1981.

JEFFERY, J.; HOLZENBURG, A.; KING, S. Physical barriers to carotenoid bioaccessibility. Ultrastructure survey of chromoplast and cell wall morphology in nine carotenoid-containing fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 92, n. 13, p. 2594–2602, 2012.

JEFFERY, J. L.; TURNER, N. D.; KING, S. R. Carotenoid bioaccessibility from nine raw carotenoid-storing fruits and vegetables using an in vitro model. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 92, n. 13, p. 2603–2610, 2012.

JOHANSSON, E. et al. Contribution of organically grown crops to human health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 3870–3893, 2014.

JUROSZEK, P. et al. Fruit quality and bioactive compounds with antioxidant activity of tomatoes grown on-farm: Comparison of organic and conventional management systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 57, n. 4, p. 1188–1194, 2009.

KALA, A.; PRAKASH, J. The comparative evaluation of the nutrient composition and sensory attributes of four vegetables cooked by different methods. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 41, p. 163–171, 2006.

KALA A.; JAMUNA, P. Nutritional composition and sensory profile of microwave and conventionally cooked vegetables. **Foodservice Research International** 15, [s. l.], v. 15, p. 1–12, 2004.

KAPOULAS, N.; KOUKOUNARAS, A.; ILIĆ, Z. S. Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 219, p. 310–318, 2017.

KRISTIANSEN, P.; MERFIELD, C. Chapter 1 - Overview of organic agriculture. In: **Organic Agriculture - A global perspective**. [s.l: s.n.]. p. 1–24.

KUMAR, S.; AALBERSBERG, B. Nutrient retention in foods after earth-oven cooking compared to other forms of domestic cooking. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 311–320, 2006.

LAIRON, D. Nutritional quality and safety of organic food. A review. **Agron. Sustain.**

Dev, [s. l.], 2009.

LEMMENS, L. et al. Particle size reduction leading to cell wall rupture is more important for the β -carotene bioaccessibility of raw compared to thermally processed carrots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v.58, n.24, p.12769–12776, 2010.

LESTER, G. E.; SAFTNER, R. A. Organically versus conventionally grown produce: Common production inputs, nutritional quality, and nitrogen delivery between the two systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 59, n. 19, p. 10401–10406, 2011.

LÓPEZ-BERENGUER, C. et al. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 55, n. 24, p. 10001–10007, 2007.

MAGKOS, F.; ARVANITI, F.; ZAMPELAS, A. Organic food: Nutritious food or food for thought? A review of the evidence. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [s. l.], v. 54, n. 5, p. 357–371, 2003.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças**. [s.l: s.n.]. v. 1

MASER, P.; GIERTH, M.; SCHROEDER, J. I. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. **Plant and Soil** **247: 43-54, 2002**, [s. l.], v. 247, n. January 2002, p. 43–54, 2002.

MAZZEO, T. et al. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 128, n. 3, p. 627–633, 2011.

MDITSHWA, A. et al. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 216, p. 148–159, 2017.

MIE, A. et al. Human health implications of organic food and organic agriculture. **Environmental Health**, [s. l.], p. 88, 2016. a.

MIE, A. et al. Human health implications of organic food and organic agriculture. In: (Parliamentary Research Services (DG EPRS) of the European Parliament, Ed.)STOA - SCIENCE AND TECHNOLOGY OPTIONS ASSESSMENT 2016b, Brussels, 2016. **Anais...** Brussels, 2016: Brussels, © European Parliament, 2016.

MIE, A.; WIVSTAD, M. **Organic Food – food quality and potential health effects. A review of current knowledge, and a discussion of uncertainties**. Uppsala: SLU, EPOK – Centre for Organic Food & Farming, 2015.

MIGLIO, C. et al. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 139–147, 2008.

MILLER, D. D. Minerais. In: SRINIVASAN DAMODARAN (AUTHOR), KIRK L. PARKIN (AUTHOR), Owen R.Fennema (Author) (Ed.). **Química de Alimentos de Fennema**. Fourth ed. [s.l.] : Artmed Editora, 2010. p. 409–444.

MULKIDJANIAN, A. Y. et al. Origin of first cells at terrestrial, anoxic geothermal fields. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 109, n. 14, p.

E821–E830, 2012.

NEPA; UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**, 2011.

NG, A.; WALDRON, K. W. Effect of cooking and pre-cooking on cell-wall chemistry in relation to firmness of carrot tissues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 73, n. 4, p. 503–512, 1997.

NUNN, M. D. et al. Effects of cooking methods on sensory qualities and carotenoid retention in selected vegetables. **Journal of Food Quality**, [s. l.], v. 29, n. 14940, p. 445–457, 2006.

OLINTO, G. A inclusão das mulheres nas carreiras de ciência e tecnologia no Brasil. **Inclusão Social**, v. 5, n. 1, p. 68–77, 2012.

ORSINI, F. et al. “Physiological quality” of organically grown vegetables. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 208, p. 131–139, 2016.

PALMERO, P. et al. Role of carotenoid type on the effect of thermal processing on bioaccessibility. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 157, p. 275–282, 2014.

PEARSON, D.; HENRYKS, J.; JONES, H.. Organic food: What we know (and do not know) about consumers. [s. l.], v. 26, n. 2, p. 171–177, 2011.

PELLEGRINI, N. et al. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 7, p. 4310–4321, 2010.

PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Bioavailability of Micronutrients from Plant Foods: An Update. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], n. May, p. 00–00, 2015.

POGSON, B. J.; GANGULY, D.; ALBRECHT-BORTH, V. Insights into chloroplast biogenesis and development. **BBA - Bioenergetics**, [s. l.], v. 1847, n. 9, p. 1017–1024, 2015.

PRIYADARSHANI, A. M. B.; CHANDRIKA, U. G. Content and in-vitro accessibility of pro-vitamin A carotenoids from Sri Lankan cooked non-leafy vegetables and their estimated contribution to vitamin A requirement. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [s. l.], v. 58, n. 8, p. 659–667, 2007.

REEVE, J. R. et al. **Organic farming, soil health, and food quality: Considering possible links**. [s.l.] : Elsevier Inc., 2016. v. 137

REHMAN, Z. U.; ISLAM, M.; SHAH, W. H. Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 80, n. 2, p. 237–240, 2003.

RENAUD, E. N. C. et al. Variation in broccoli cultivar phytochemical content under organic and conventional management systems: Implications in breeding for nutrition. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 9, n. 7, 2014.

ROCK, C. L. et al. Bioavailability of Beta-carotene is Lower in Raw than in Processed Carrots and Spinach in Women. **The Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 128, n. 5, p. 913–916, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington DC: OMNI Research, 2001.

RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B.; RODRÍGUEZ, E. B.; AMAYA-FARFAN, J. Advances in Food Carotenoid Research: Chemical and Technological Aspects, Implications in Human Health. **Malaysian Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 101–121, 2006.

ROSSETTO, M. R. M. et al. Antioxidant substances and pesticide in parts of beet organic and conventional manure. **African Journal of Plant Science**, [s. l.], v. 3, n. 11, p. 245–253, 2009.

RYAN, L. et al. Micellarisation of carotenoids from raw and cooked vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 127–133, 2008.

SCHIAVON, A. et al. **A cultura dos brócolis**. 1a. Edição ed. BRASÍLIA - DF: EMBRAPA - COLEÇÃO PLANTAR, 2015.

SCHWEIGGERT, R. M.; CARLE, R. Carotenoid deposition in plant and animal foods and its impact on bioavailability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 57, n. 9, p. 1807–1830, 2017.

SEGUIN, R. A. et al. Consumption Frequency of Foods Away from Home Linked with Higher Body Mass Index and Lower Fruit and Vegetable Intake among Adults: A Cross-Sectional Study. **Journal of Environmental and Public Health**, [s. l.], v. 2016, 2016.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N. Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. **Science Advances**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 1–14, 2017.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature**, [s. l.], v. 485, n. 7397, p. 229–232, 2012.

SHIN, R. Strategies for improving potassium use efficiency in plants. **Molecules and cells**, [s. l.], v. 37, n. 8, p. 575–84, 2014.

SMITH-SPANGLER, C. et al. Are Organic Foods Safer or Healthier Than Conventional Alternatives? **Annals of Internal Medicine**, [s. l.], v. 157, n. 5, p. 348–366, 2012.

SØLTOFT, M. et al. Effects of organic and conventional growth systems on the content of carotenoids in carrot roots, and on intake and plasma status of carotenoids in humans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 91, n. 4, p. 767–775, 2011.

STAHL, W. Bioavailability and metabolism. **Molecular Aspects of Medicine**, [s. l.], v. 23, n. 1–3, p. 39–100, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Chapter 5. Mineral Nutrition. In: **Plant Physiology**. [s.l: s.n.]. p. 690.

TASIOPOULOU, S. et al. Results of the monitoring program of pesticide residues in organic food of plant origin in Lombardy (Italy). **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, [s. l.], v. 42, n. 7, p. 835–841, 2007.

TELFER, A.; PASCAL, A.; GALL, A. Chapter 14. Carotenoids in Photosynthesis. In:

BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Eds.). **Carotenoids Volume 4: Natural Functions**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2008. p. 265–308.

TURON, T. et al. Organic Vegetables Quality Arising from the Brazilian Family-Run Farm. **Food and Nutrition Sciences**, [s. l.], n. August, p. 1538–1543, 2014.

TYDEMAN, E. A. et al. Effect of carrot (*Daucus carota*) microstructure on carotene bioaccessibility in the upper gastrointestinal tract. 2. in vivo digestions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 17, p. 9855–9860, 2010. a.

TYDEMAN, E. A. et al. Effect of carrot (*Daucus carota*) microstructure on carotene bioaccessibility in the upper gastrointestinal tract. 1. in vitro simulations of carrot digestion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 17, p. 9847–9854, 2010. b.

VALVERDE, J. et al. Variation in bioactive content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) grown under conventional and organic production systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 95, n. 6, p. 1163–1171, 2015.

VAN BOEKEL, M. et al. A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition and Food Research**, [s. l.], v. 54, n. 9, p. 1215–1247, 2010.

VEDA, S. et al. Determination of bioaccessibility of β -carotene in vegetables by in vitro methods. **Molecular Nutrition and Food Research**, [s. l.], v. 50, n. 11, p. 1047–1052, 2006.

VIEIRA, J. V.; PESSOA, H. B. S. V. **Cenoura (*Daucus carota*): Cultivares**. Sistemas de Produção, 5 ISSN 1678-880X Versão Eletrônica, , 2008.

WALKER, D. J.; LEIGH, R. A.; MILLER, Anthony J. Potassium homeostasis in vacuolate plant cells (cytosolic K⁺/cytosolic pH/plant vacuole). **Plant Biology**, [s. l.], v. 93, n. September, p. 10510–10514, 1996.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Historical variation in the mineral composition of edible horticultural products. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, [s. l.], v. 80, n. 6, p. 660–667, 2005.

WOESE, K. et al. A comparison of organically and conventionally grown foods-results of a review of the relevant literature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 74, n. 3, p. 281–293, 1997.

WORTHINGTON, V. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. **J.Altern.Complement.Med.**, [s. l.], v.7, n.2, p. 161–173, 2001.

YAMAGUCHI, T.; HAMAMOTO, S.; UOZUMI, N. Sodium transport system in plant cells. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 4, n. October, p. 1–7, 2013.

YUAN, Gao-Feng et al. Effects of different cooking methods on health-promoting compounds of broccoli. **Journal of Zhejiang University. Science. B**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 580–588, 2009.

ZDUNEK, A.; UMEDA, M. Influence of cell size and cell wall volume fraction on failure properties of potato and carrot tissue. **Journal of Texture Studies**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 25–43, 2005.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant

activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 88, n. 4, p. 503–509, 2004.

ZHAO, X. et al. Consumer sensory analysis of organically and conventionally grown vegetables. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 72, n. 2, 2007.

ZHOU, B. et al. What influences appetite more: eating approaches or cooking methods? **The journal of medical investigation : JMI**, Japan, v. 61, n. 1–2, p. 118–125, 2014.