



**LUIS GUILHERME AGUIAR FRANÇOZO GERVÁSIO**

**USO DA TECNOLOGIA SOUS VIDE EM HORTALIÇAS:  
UMA REVISÃO**

**LAVRAS – MG  
2022**

**LUIS GUILHERME AGUIAR FRANÇOZO GERVÁSIO**

**USO DA TECNOLOGIA SOUS VIDE EM HORTALIÇAS:  
UMA REVISÃO**

**USE OF SOUS VIDE TECHNOLOGY IN VEGETABLES: A REVIEW**

Monografia apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Elisangela Nunes Carvalho  
Orientadora

Mestre Danilo José Machado de Abreu  
Coorientador

**LAVRAS, MG  
2022**

**LUIS GUILHERME AGUIAR FRANÇOZO GERVÁSIO**

**USO DA TECNOLOGIA SOUS VIDE EM HORTALIÇAS:  
UMA REVISÃO**

**USE OF SOUS VIDE TECHNOLOGY IN VEGETABLES:  
A REVIEW**

Monografia apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

**APROVADO em 06 de Dezembro de 2022**

Prof. Dra. Elisangela Nunes Carvalho  
Orientadora

Mestre Danilo José Machado de Abreu  
Coorientado

**LAVRAS, MG  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Concluir meu período como universitário é uma verdadeira mistura de sentimentos. Isso porque vivi as melhores experiências da minha vida durante esse período, tempo que não voltará. Agradeço primeiramente sempre a Deus, por me mostrar os caminhos, ao Professor Celso Luis Gervásio e a Professora Maria Luiza Gervásio, meus pais, por sempre me proporcionarem condições e principalmente serem os principais incentivadores dos meus sonhos. Agradeço a intuição República Bendito Grau por todo de\o Centro Acadêmico de Engenharia de Alimentos e a empresa Pure Alimentos por me desenvolverem profissionalmente e me prepararem para o mercado de trabalho. A Professora Elisangela e ao coorientador desse trabalho Danilo Machado pela oportunidade e todo apoio. Por fim, agradeço a Nestlé Brasil, por me desenvolver tecnicamente e me dar condições de concluir esse trabalho.

## RESUMO

A demanda por uma alimentação saudável, segura para o consumo e com bons aspectos sensoriais é crescente nos últimos anos. Como forma de atender as novas demandas dos consumidores, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para o processamento de alimentos. O sous-vide é uma tecnologia caracterizada pelo cozimento de alimentos embalados a vácuo e em temperaturas inferiores a 100 °C, que tem ganhado popularidade devido aos benefícios de manutenção da qualidade nutricional e sensorial de alimentos, durante seu processamento. Tendo em vista a aplicação do sous-vide em diferentes produtos, a presente pesquisa, por meio de uma revisão sistemática, busca identificar e analisar técnicas e métodos existentes para avaliar o efeito, sobre o potencial antioxidante dos vegetais e hortícolas, após serem submetidos ao tratamento térmico sous vide quando comparado à outras técnicas de cocção como fervura e vapor. Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados Scopus e Web of Science para selecionar 16 artigos dos últimos 10 anos que retratasse os efeitos do cozimento através do método *sous vide* sob as propriedades antioxidantes de vegetais. As palavras chaves consideradas na busca foram, “sous-vide”, “vegetais” e por fim, “antioxidantes”. O sous-vide tem tido uma crescente aplicação nos últimos anos no setor de alimentos. A técnica visa melhorar os atributos sensoriais e nutricionais de alimentos. Seu uso é adequado para diferentes aplicações, incluindo a manutenção de atributos de qualidade, preservação ou potencialização de aspectos nutricionais e inativação de microrganismos patógenos em vegetais. A aplicação desta tecnologia, de fato apresenta diversos benefícios, principalmente quando comparado a métodos mais agressivos, como a cozedura de vegetais por imersão. Foi possível observar nesse trabalho que a técnica sous-vide tem um bom potencial para minimizar perdas de qualidade em vegetais, quando comparado com métodos tradicionais (fervura, vapor), mas este benefício da técnica é altamente dependente do fator tempo e temperatura, assim como das características da matriz alimentar. A literatura científica sobre o tema demonstra que o sous-vide tem sido aplicado com êxito em diferentes vegetais, contudo ainda faltam estudos que colaborem para diversificar a gama de vegetais submetidos a este processo, pois como observado, há uma certa concentração em estudos com vegetais do gênero Brassica. São escassos os estudos sobre vegetais de caule ou talo (aipo, palmito, por exemplo), vegetais de raiz, visto que há uma concentração de estudos apenas sobre cenoura, e alguns tubérculos e legumes. A necessidade de se diversificar os vegetais investigados, se justifica pelo potencial nutritivo, por exemplo, de vegetais que não são os mais comumente consumidos, mas que podem apresentar grande potencial. O uso do sous-vide pode ser uma maneira de promover o consumo de vegetais, visto a melhoria de aspectos sensoriais promovidos por esta técnica. É importante ressaltar que o sous-vide tem suas vantagens e limitações como qualquer tecnologia destinada ao preparo de alimentos, Ainda há desafios, como o prolongamento do prazo de validade em produtos, sem comprometer seus aspectos nutricionais e sensoriais. Contudo, como apontado por alguns estudos, este objetivo pode ser alcançado com a combinação de diferentes estratégias, tais como a adoção de conservantes, a combinação com outros métodos de cocção além de estudos aprofundados sobre a ação do pH dos vegetais nesta técnica. Outra possibilidade é o estudo de embalagens ativas ou embalagens inteligentes aliadas ao processo sous vide. Outro desafio para a pesquisa sobre o sous-vide é comparar produtos obtidos por diferentes métodos de cozimento, mas que possuam um grau equivalente de cozimento. Apesar do sous-vide garantir melhores aspectos nutricionais, outros fatores devem ser considerados na adoção da técnica, tais como economia de tempo e consumo de energia, assim, deve-se ponderar entre o uso da técnica e de outros métodos de cozimento.

**Palavras-chave:** Antioxidantes, cocção, vegetais, vácuo

## ABSTRACT

The demand for healthy food, safe for consumption and with good sensory aspects has been growing in recent years. As a way to meet the new demands of consumers, new technologies have been developed for food processing. Sous-vide is a technology characterized by the cooking of vacuum-packed foods at temperatures below 100 °C, which has gained popularity due to the benefits of maintaining the nutritional and sensory quality of food during processing. In view of the application of sous-vide in different products, the present research, through a systematic review, seeks to identify and analyze existing techniques and methods to evaluate the effect on the antioxidant potential of vegetables and vegetables after being subjected to sous vide heat treatment when compared to other cooking techniques such as boiling and steaming. A bibliographic survey was carried out in the Scopus and Web of Science databases to select 16 articles from the last 10 years that portrayed the effects of cooking through the sous vide method on the antioxidant properties of vegetables. The keywords considered in the search were “sous-vide”, “vegetables” and finally, “antioxidants”. It was possible to observe in this work that the sous-vide technique has a good potential to minimize quality losses in vegetables, when compared to traditional methods (boiling, steam), but this benefit of the technique is highly dependent on the time and temperature factor, as well as of the characteristics of the food matrix. The scientific literature on the subject shows that sous-vide has been successfully applied to different vegetables, however, there is still a lack of studies that collaborate to diversify the range of vegetables subjected to this process, because as observed, there is a certain concentration in studies with vegetables of the genus Brassica. There are few studies on stem or stalk vegetables (celery, hearts of palm, for example), root vegetables, since there is a concentration of studies only on carrots, and some tubers and vegetables. The need to diversify the investigated vegetables is justified by the nutritional potential, for example, of vegetables that are not the most commonly consumed, but that may have great potential. The use of sous-vide can be a way to promote the consumption of vegetables, given the improvement of sensory aspects promoted by this technique. It is important to emphasize that sous-vide has its advantages and limitations like any technology intended for food preparation. There are still challenges, such as extending the shelf life of products, without compromising their nutritional and sensory aspects. However, as pointed out by some studies, this objective can be achieved with the combination of different strategies, such as the adoption of preservatives, the combination with other cooking methods in addition to in-depth studies on the action of the pH of vegetables in this technique. Another possibility is the study of active packaging or smart packaging combined with the sous vide process. Another challenge for sous-vide research is to compare products obtained by different cooking methods, but which have an equivalent degree of doneness. Although sous-vide guarantees better nutritional aspects, other factors must be considered when adopting the technique, such as saving time and energy consumption, thus, one must consider the use of the technique and other cooking methods.

**Keywords:** Antioxidants, cooking, vegetables, vacuum

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. OBJETIVOS .....	9
2.1. Objetivo principal .....	9
2.2. Objetivos específicos .....	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
3.1. Processamento de alimentos .....	9
3.2. Ação antioxidante de compostos bioativos .....	10
3.3. Sistema <i>Sous vide</i> .....	10
3.4. Etapas do sistema <i>Sous vide</i> .....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1. Elaboração da pergunta .....	13
4.2. Coleta de dados .....	13
4.3. Critério de exclusão e inclusão .....	13
4.4. Dados coletados dos documentos selecionados.....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	23
REFERÊNCIAS .....	24

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os vegetais prontos para consumo estão disponíveis no mercado consumidor e apresentam vida de prateleira mais longa, facilidade de preparação e disponibilidade durante todo o ano. Entretanto, o processo de preparação pode afetar o produto final em seu valor nutricional bem como nas suas propriedades físicas (ZHONG et al., 2015).

O interesse crescente por parte dos consumidores por alimentos com maior frescor faz com que exista a necessidade de desenvolvimento de novas técnicas de cocção menos agressivas, que proporcionem maior segurança alimentar, sem afetar a funcionalidade dos alimentos. Com a finalidade de garantir a segurança e a procedência, aliadas à praticidade, o sistema *sous vide* abre um novo nicho de mercado que está em crescente expansão pois é um técnica que requer operações e equipamentos de baixo custo que resultam em produtos alimentícios de alta qualidade e prontos para o consumo (DOMINGUEZ-HERNANDEZ et al., 2018; ISMAIL, et al., 2022). Consiste num sistema de processamento que se utiliza de embalagens plásticas seladas a vácuo, submetidas a temperatura e tempo de preparo controlados. Seus nutrientes e sucos são preservados, mantendo o sabor, cor e textura originais, e reduzindo os riscos de contaminação microbiana, tendo em vista que são pasteurizados na embalagem final (XIAO et al., 2011; BALDWIN, 2012).

*Sous Vide* é uma palavra de origem francesa que, literalmente, significa “sob vácuo”. Esta técnica de cocção de alimentos que foi utilizada pela primeira vez em 1974, com o objetivo de minimizar a redução do volume de patê du foie gras durante a cocção (BOTINESTEAN et al., 2021). É considerado uma técnica moderna de conservação de alimentos e consiste no cozimento de alimentos embalados a vácuo em temperatura entre 65 °C a 80 °C seguido por resfriamento rápido até pelo menos 10 °C. A técnica tem como objetivo manter sabor, cor, textura e nutrientes do alimento, além de minimizar a contaminação microbiológica (BC Centre for Disease Control Environmental Health Services and the BC Sous Vide Working Group, 2016).

Por se aplicarem baixas temperatura e longa duração, os alimentos produzidos pela técnica de *sous vide* possuem características favoráveis, como sabor e aroma aprimorados, maior maciez e textura desejável, oxidação lipídica reduzida que leva a vida útil prolongada, perdas reduzidas de aroma e sabor, devido à embalagem a vácuo, e melhor cor e apelo visual (BECKER et al., 2016, RUIZ et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é identificar e analisar técnicas e métodos existentes para avaliar o efeito, sobre o potencial antioxidante dos vegetais e hortícolas, após



serem submetidos ao tratamento térmico sous vide quando comparado à outras técnicas de cocção como fervura e vapor.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo principal**

- Avaliar o efeito sobre o potencial antioxidante dos vegetais e hortícolas, após serem submetidos ao tratamento térmico sous-vide.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar e comparar resultados de diferentes estudos quanto ao método de cocção, efeito sob antioxidantes e método de avaliação do potencial antioxidante.
- Identificar e analisar técnicas e métodos existentes e compará-los ao tratamento sous-vide.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. Processamento de alimentos**

Nicoli (1999) apontou diferentes consequências da armazenagem e processamento sobre as propriedades antioxidantes de alimentos, como a perda de antioxidantes naturalmente presentes, melhora da capacidade antioxidante de compostos naturalmente presentes, formação de novos compostos com atividade antioxidante ou pró-oxidante ou, ainda, nenhuma mudança na concentração de antioxidantes naturalmente presentes.

A característica antioxidante da vitamina C, da vitamina E, dos carotenóides e dos compostos fenólicos os torna susceptíveis à degradação por oxidação, que pode ser influenciada pela presença de oxigênio, luz, calor e íons metálicos (BRITTON, 1995; DAVEY, 2000).

O emprego de calor é o método mais comum para aumentar a vida de prateleira dos produtos, possibilitando a inativação ou inibição do crescimento de micro-organismos e enzimas (ELES-MARTÍNE & MARTÍN-BELLOSO, 2007). Contudo, uma série de mudanças indesejáveis ocorre nos alimentos tratados pelo calor, como a alteração no sabor, na cor e na textura e a destruição de vitaminas (BUTZ & TAUSCHER, 2002). Mudanças nos hábitos dos consumidores, que buscam, cada vez mais, alimentos nutritivos e próximos do alimento fresco, têm obrigado as indústrias a buscarem novas formas de tecnologia que agridam menos o alimento, como os tratamentos que não utilizam altas temperaturas e aqueles que utilizam controle de umidade (VEGA-MERCADO et al., 1997).

### **3.2. Ação antioxidante de compostos bioativos**

Os antioxidantes são definidos como qualquer substância que atrasa ou inibi a oxidação de um substrato oxidável, diminuindo a concentração dos radicais livres no organismo e/ou quelando íons metálicos, prevenindo a peroxidação lipídica. Os radicais livres atacam moléculas biológicas, levando a doenças degenerativas, câncer, inflamação, aterosclerose e envelhecimento precoce (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). Estudos têm demonstrado que em populações cujas dietas são altas na ingestão de cereais, frutas e vegetais com alto teor de antioxidantes fenólicos, contribuem para a redução da incidência de doenças crônicas e degenerativas (SHAHIDI, 1996).

O princípio da atividade antioxidante é baseado na disponibilidade de elétrons para neutralizar os radicais livres. Além disso, tal ação parece estar relacionada com o número e a natureza do padrão de hidroxilação no anel aromático. A capacidade para atuar com o hidrogênio doador e a inibição da oxidação são reforçados pelo aumento do número de grupos hidroxila no anel fenol (GULÇIN, 2012).

O organismo humano está sujeito ao estresse oxidativo causado por Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) e Espécies Reativas de Nitrogênio (ERN) provenientes do meio ambiente ou geradas pelo próprio organismo. Entre as biomoléculas alvo dessas espécies encontram-se as que compõem membranas celulares, proteínas DNA e RNA. Hoje em dia sabe-se que a ação de espécies oxidantes sobre o DNA é responsável por mutação ou mesmo oncogênese. No entanto, o organismo é protegido em parte por macro e micromoléculas de origem endógena ou obtidas diretamente da dieta. A proteção enzimática baseia-se quase que exclusivamente na decomposição de ânion superóxido ou dismutação de peróxido de hidrogênio, agentes oxidantes brandos. Cabe às micromoléculas, tais como compostos bioativos (tocoferóis, carotenoides e flavonoides, entre outros), o papel de impedir o ataque de ERO e ERN ou regenerar os danos causados em sistemas biológicos essenciais. O mecanismo complexo de atividade antioxidante e pró-oxidante destas substâncias está diretamente relacionado com a melhoria da qualidade de vida do ser humano (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006).

### **3.3. Sistema *Sous vide***

O sistema *sous vide* é um método de pasteurização sob vácuo, no qual alimentos crus ou pré-cozidos são acondicionados em embalagens plásticas, seladas a vácuo e submetidos a temperaturas inferiores a 100°C por longos períodos de tempo, devidamente controlados. (BALDWIN, 2012).

No Brasil, há legislações vigentes para a produção de alimentos, mas não há regulamentação específica para a técnica *sous vide*, mas podem ser citadas a Portaria

CVS6/1999 e a resolução RDC 216/2004, que estabelecem critérios de tempo e temperatura para as etapas da produção (KAWASAKI, 2007).

Quando a técnica de *sous vide* é utilizada, é possível visualizar algumas vantagens como a da economia de escala, que possibilita a aquisição da matéria-prima em condições favoráveis, proporcionando aumento do controle de recebimentos, de armazenamento e de produção, otimizando a utilização de equipamentos e mão de obra (KELLER, 2008).

Apesar de todas as vantagens na utilização desta técnica, alguns tipos de alimentos que não se adaptam ao *sous vide*, tais como alimentos com preparações grelhadas, refogadas e frituras, que perdem a textura crocante ou a maciez, e produtos de panificações, que perdem o formato original e a textura em razão da pressão exercida na etapa de retirada do oxigênio da embalagem (KELLER, 2008).

Cada alimento tem um fator para tempo e temperatura na preparação, mas genericamente esta técnica consiste em cozinhar os alimentos em temperatura aproximada de 74°C no centro dos alimentos, possibilitando a destruição das células vegetativas dos micro organismos patogênicos. Posteriormente, os alimentos são refrigerados rapidamente a uma temperatura aproximada de 3°C para controlar a multiplicação dos micro-organismos que possam ter sobrevivido à cocção, por no máximo cinco dias e reaquecidos em temperatura aproximada de 70°C no centro do alimento por 2 min. Quando for consumido quente, o alimento deve estar a 63°C e quando for consumido frio, abaixo de 3°C (KAWASAKI, 2007).

### **3.4. Etapas do sistema *Sous vide***

Para o processo *sous vide*, são utilizadas embalagens a vácuo, que têm barreiras ao vapor e aos gases, para que seja evitada a desidratação superficial do produto. Quanto menos o alimento for exposto ao oxigênio, maior será sua vida útil, pois ocorrerá diminuição na multiplicação dos micro-organismos aeróbicos deteriorantes. A embalagem deve ter também alta resistência mecânica para resistir ao manuseio dos meios de transporte, evitando vazamentos, consequentes da perda do vácuo (OLIVEIRA et al., 2006).

É de extrema importância ressaltar que os atributos finais do alimento não podem ser direcionados somente à embalagem utilizada, mas, sim, a todas as características do alimento e do processo, sendo que a embalagem tem como função proteger o conteúdo de riscos de recontaminação durante a estocagem (BALDWIN, 2012).

Os equipamentos utilizados para tratamentos térmicos de produtos por meio da técnica *sous vide* são diferenciados de acordo com o método de transferência de calor, que pode ser pela injeção de vapor ou circulação de água. A injeção de vapor geralmente é utilizada em

processos de larga escala, permitindo que o produto atinja temperaturas de 60 °C a 100 °C, sendo o resfriamento feito por aspersão de água fria (MARTENS e SCHELLEKENS, 1995).

O termocirculador de água quente é, geralmente, indicado para pequenas porções de diferentes tipos de alimentos, podendo atingir temperaturas em torno de 80 a 90°C, sendo o resfriamento feito pela imersão em água fria (MARTENS e SCHELLEKENS, 1995). É sempre importante manter o produto dentro da cadeia de frio, em temperaturas inferiores a 5°C, pois temperaturas mais elevadas podem ocasionar alterações indesejáveis.

O meio de cocção usado para o processamento pelo sistema *sous vide*, geralmente, é um banho-maria, que oferece melhor distribuição do calor, mas deve-se ter cuidado para que as embalagens estejam em total submersão (BALDWIN, 2012).

O cozimento de legumes pode modificar a qualidade final do produto, pois altera as características sensoriais e a textura. Sendo assim, é importante conhecer os efeitos causados pelo tempo e temperatura utilizados na cocção do produto final, aumentando a qualidade geral e a aceitabilidade dos produtos processados (PAULUS e SAGUY, 1980).

A fase de pasteurização é um procedimento de combinação de tempo/temperatura em que deve ser considerada a curva de sobrevivência dos microrganismos presentes na matéria-prima. É nesta fase que são definidas a qualidade sensorial, a segurança microbiológica e a validade do produto (BALDWIN, 2008).

O resfriamento dos alimentos é um método de controle da multiplicação de microrganismos e, para uma maior eficácia, é importante observar as constantes de tempo e temperatura, fazendo com que o produto atinja uma temperatura específica e segura (SILVA JUNIOR, 2005).

O resfriamento do alimento cozido deve ser rápido, preservando suas características sensoriais e minimizando a proliferação microbiana (BALDWIN, 2012), devendo ser resfriado de 60°C até 10°C em, no máximo, duas horas (BRASIL, 2004; SÃO PAULO, 2013). O sistema de resfriamento utilizado para produtos prontos para consumo poderá impactar na sua segurança microbiológica, logo, o resfriamento deve ser o mais rápido possível (MCDONALD et al., 2000), podendo ser feito em equipamento de resfriamento rápido ou em banho de água gelada (OLIVEIRA e SILVA, 2016).

Os alimentos processados pelo sistema *sous vide* devem ser estocados em temperaturas de 0°C a 3,3°C, com o intuito de inibir a germinação de esporos termoresistentes (HATHERWAY, 1992; BALDWIN, 2012).

Durante a estocagem sob refrigeração, pode haver crescimento de microrganismos deteriorantes, como, por exemplo, bactérias lácticas (BORCH et al., 1996; KORKEALA e

BJLRKROTH, 1997), cujo crescimento pode acarretar alterações sensoriais do produto, já que elas produzem substâncias com aromas e sabores indesejáveis (NARENDRANATH et al., 1997).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Elaboração da pergunta**

A elaboração da pergunta baseou-se na estratégia PICO, onde P significa Participantes (vegetais), I = Intervenção (tecnologia *sous-vide*), C = Comparação (controle) e O = *outcomes* /resultados (desfecho). Portanto, o método de cozimento *sous vide*, oferece uma alternativa vantajosa, em relação aos métodos de cozimento convencionais, ao se tratar de seus efeitos nas propriedades antioxidantes de hortaliças?

### **3.2. Coleta de dados**

A estratégia utilizada para identificar os artigos sobre os efeitos do cozimento através do método *sous vide* sob as propriedades antioxidantes de vegetais, consiste em uma revisão sistemática, realizada do período de Junho a Julho de 2022. Nas bases de dados da Scopus e Web of Science. Foram selecionadas publicações referentes a um período de 2012 até 2022.

As palavras chaves consideradas na busca foram, “*sous-vide*”, “vegetais” e por fim, “antioxidantes”. A busca foi realizada cruzando todas as palavras-chaves, em inglês e utilizando o termo “and.”, a fim de dar um direcionamento adequado para a pesquisa. Em seguida os conteúdos dos bancos de dados no formato RIS foram exportados para um gerenciador de referências bibliográficas (EndNote), onde foi possível o gerenciamento dos trabalhos e exclusão dos trabalhos presente em mais de uma base.

### **3.3. Critério de exclusão e inclusão**

Foram inclusas publicações originais nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola. Foram exclusas publicações que abordavam a utilização de alimentos de origem não vegetal. Além disso, tendo em vista o objetivo de abordar nessa revisão sistemática, os efeitos sob as propriedades antioxidantes, foram excluídos trabalhos que não apresentavam observações a respeito dessa questão.

### **3.4. Dados coletados dos documentos selecionados**

Os dados extraídos dos artigos selecionados foram: título, ano de publicação, tipo de vegetais adotados, efeito sobre a capacidade antioxidante dos vegetais testados, método de cocção e método de avaliação de potencial oxidante.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os estudos sobre os efeitos da tecnologia de cozimento sous vide sobre a capacidade antioxidante dos vegetais foram encontrados 14 publicações na base Scopus e 26 na base Web of Science, totalizando 40 artigos avaliados.

Retiradas as referências cruzadas em mais de uma base, seguindo os métodos de inclusão descritos anteriormente, além da seleção por título e resumo, foram selecionados um total de 16 publicações.

Os artigos selecionados apresentam bastante heterogeneidade, em função dos diferentes resultados observados, e também, das diversas classes de hortaliças abordadas. Essa heterogeneidade dos artigos, não permitiu aplicação de análises estatística e meta-análise, por não ser possível uma correlação direta dos resultados apresentados.

**Quadro 1.**

Artigo	Ano	Tipo de Vegetal	Método de cocção	Efeito sob antioxidantes	Método de avaliação do potencial antioxidante
Impact of Mild Oven Cooking Treatments on Carotenoids and Tocopherols of Cheddar and Depurpl Cauliflower ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. botrytis)	2021	Couve-flor	Vapor, sous-vide, fervura	Os tratamentos sous-vide e a vapor apresentaram aumento semelhante quanto aos antioxidantes lipossolúveis.	Capacidade de sequestro de radicais livres.
Comparison of physical, microstructural and antioxidative properties of pumpkin cubes cooked by conventional, vacuum cooking and sous vide methods	2020	Abóbora	Vapor, vácuo, sous-vide	A atividade antioxidante foi melhorada principalmente para amostras de cozimento, seguidas de vapor e sous vide.	Capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC).
Cooking effects on bioactive compounds and sensory acceptability in pumpkin ( <i>Cucurbita moschata</i> cv. Leite)1	2019	Abóbora	Ebulição, vapor, micro-ondas, sous-vide		Capacidade de sequestro de radicais livres.
Comparison of antioxidative	2018	Repolho roxo, alho,	Sous-vide	Para algumas hortaliças, observou-se aumento do	Determinação da atividade

properties of raw vegetables and thermally processed ones using the conventional and sous-vide methods		cebola, couve, tomate, dentre outros.		potencial antioxidante como resultado dos processos de cozimento; no entanto, foi muito maior para a técnica sous-vide.	antioxidante usando o radical DPPH (TAS); Determinação da atividade antioxidante usando a redução de Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup> (FRAP)
Steaming and sous-vide: Effects on antioxidant activity, vitamin C, and total phenolic content of Brassica vegetables	2018	Brássicas	Vapor, sous-vide	O conteúdo de antioxidantes variou significativamente entre as diferentes subespécies de Brassicas	Determinação da atividade antioxidante usando a redução de Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup> (FRAP)
Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica	2018	Brássicas	Vapor; sous-vide	O potencial antioxidante e os conteúdos antioxidantes, em vegetais Brassica apresentaram perdas significativas durante o processamento térmico.	Determinação da atividade antioxidante usando o radical DPPH (TAS); Determinação da atividade antioxidante usando a redução de Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup> (FRAP)
Sous-vide technique as an alternative to traditional cooking methods in the context of antioxidant properties of Brassica vegetables	2018	Brassicicas	Sous-vide; fervura	A couve de Bruxelas apresentou maiores índices de antioxidantes nos tratamentos com sous-vide.	Atividade antioxidante aplicando um ensaio aprimorado de descoloração de cátions do radical ABTS.
Application and optimisation of air–steam cooking on selected vegetables: impact on physical and antioxidant properties	2017	Couve de bruxelas, abóbora	Vapor	O cozimento a vapor pode ser proposto como uma alternativa adequada para couves de Bruxelas e abóbora, podendo preservar ou melhorar suas propriedades antioxidantes.	Determinação da atividade antioxidante usando a redução de Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup> (FRAP)
Quality related aspects of sous-vide processing of borage ( <i>Borago officinalis</i> L.) stems	2017	Borragem	Fervura, microondas	A atividade antioxidante das amostras em micro-ondas foi quase o dobro da atividade da amostras fervidas. O cozimento no micro-ondas não modificou a atividade antioxidante dos talos cozidos em sous-vide.	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH);
Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related	2017	Alcachofras, feijão verde, brócolis, cenoura	Fervura, cocção a T < 100 °C e cocção sous-vide	Para todos os vegetais em estudo, cozimento sous-vide resultou em uma melhora nas propriedades relacionadas à saúde, pois	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH)

properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots				aumentou a retenção fenólica, bem como a retenção da atividade antioxidante. Os resultados foram mais notáveis para alcachofras.	
Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas	2017	Cenoura e ervilha	Cozimento tradicional, sous-vide (SV), cook-vide (CV)	A análise de atividade antioxidante refletiu menos danos às ervilhas em CV em comparação com SV e TC. No entanto, as cenouras foram aproximadamente metade degradadas durante SV do que em CV e TC.	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH)
Application and optimisation of air-steam cooking on selected vegetables: impact on physical and antioxidant properties	2017	Couve de bruxelas, abóbora	Vapor	O cozimento a vapor pode ser proposto como uma alternativa adequada para couves de Bruxelas e abóbora, podendo preservar ou melhorar suas propriedades antioxidantes.	Determinação da atividade antioxidante usando a redução de Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup> (FRAP)
Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. Avenger) and cauliflower ( <i>Brassica oleracea</i> var. Alphina F1) grown in an organic system	2015	Brócolis e couve-flor	Fervura, vapor; micro-ondas; vácuo	A maior capacidade antioxidante para ambas as inflorescências de brócolis orgânicos, que foram semelhantes às da couve-flor orgânica, foi observada no processamento sous vide quando comparado ao vegetal fresco e outros métodos de processamento	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH)
Innovative Cooking Techniques for Improving the Overall Quality of a Kailan-Hybrid Broccoli	2013	Brocolis	Vácuo	Os tratamentos de cozimento, em geral, aumentaram o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante total correlacionada.	Capacidade de sequestro de radicais livres.
Quality changes after vacuum-based and conventional industrial cooking of kailan-hybrid broccoli throughout retail cold storage	2013	Brócolis	Fervura e vapor	O cozimento aumentou a capacidade antioxidante total inicial em relação às amostras não cozidas	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH); Poder antioxidante redutor férrico (FRAP)
Quality evaluation of cook-chilled chicory	2013	Chicória	Fervura	Não houve alteração da atividade antioxidante	Capacidade de eliminação de radicais livres (DPPH);



stems ( <i>Cichorium intybus</i> L., Catalogna group) by conventional and sous vide cooking methods					
Nutritional Quality of Sous Vide Cooked Carrots and Brussels Sprouts	2012	Cenoura e couve de bruxelas	Sous-vide, vapor	As couves de Bruxelas ficaram mais macias, favorecendo a liberação de compostos antioxidantes, enquanto as cenouras endureceram, determinando uma proteção dessas moléculas pela oxidação.	Capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC), Parâmetro antioxidante total de aprisionamento de radicais (TRAP); Poder Antioxidante Redutor Férrico (FRAP).

O processamento de vegetais antes do consumo ocasiona uma redução em seu valor nutricional (PELEGRINI et. al., 2010; SAIKIA & MAHANTA, 2013). Cozer vegetais em água é o método mais comum para sua preparação, contudo, este método resulta em perda de nutrientes (FABBRI & CROSBY, 2016; FLORKIEWICZ et. al., 2019). A perda de nutrientes durante a cocção de alimentos está, principalmente, atrelada a fatores de oxidação, degradação térmica de componentes químicos, diluição de compostos bioativos ou lixiviação (VEDA, PLATEL & SRINIVASAN, 2010). Contudo, em comparação com o cozimento tradicional, no processamento por SV há uma maior retenção destes componentes, por proporcionar maior preservação das paredes celulares (BALDWIN, 2012).

Como pode-se observar, são diversos os estudos que demonstram como o processamento por sous-vide pode impactar de forma positiva na manutenção ou elevação do conteúdo de antioxidantes. É possível observar as diferenças nos protocolos nos diferentes estudos, tais como os apresentados no Quadro 1.

O tratamento térmico, principalmente os mais intensos, geram perdas no potencial antioxidante e no conteúdo de nutrientes benéficos à saúde presentes em vegetais, tais como dos polifenóis e da vitamina C (PATRAS, TIWARI & BRUNTON, 2011; LAFARGA et. al., 2018a; KOSEWSKI et. al., 2018), assim como altera a biodisponibilidade de compostos bioativos, como carotenóides e polifenóis (PUUPPONEN-PIMIA et. al., 2003).

O processamento por sous-vide permite a manutenção de substâncias de ligação celular, tais como a pectina, que é parcialmente dissolvida pela despolimerização térmica (LORKIEWICZ & BERSKI, 2017). O fato de o produto estar embalado durante o sous-vide, evita a lixiviação dos nutrientes na água de cozimento, o que não ocorre em tratamentos como

fervura, por vapor ou micro-ondas (CHARLEY & WEAVER, 1998). O processamento por sous-vide preserva em maior grau a qualidade de vegetais cozidos, por conta da baixa quantidade de oxigênio dentro da embalagem (Martinez-Hernandez et al., 2013), além de conservar outros aspectos nutricionais, quando comparado com outros métodos (STEA et. al., 2007; GONNELLA et. al., 2018).

Alcusón, Remón & Salvador (2017) utilizaram o sous-vide em associação com o uso do micro-ondas para cozer a borragem e, observaram que houve aumento do conteúdo fenólico e da atividade antioxidante em comparação com a matéria-prima crua, além de obter valores de textura no produto que não diferiram significativamente do produto fervido.

A atividade antioxidante é responsável por retardar as reações de degradação oxidativa e, é atribuída em grande parte ao teor de compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides, vitaminas e minerais presente nos vegetais (CABEZAS-SERRANO et al., 2009; REIS et. al., 2015). A temperatura é o principal fator que afeta o conteúdo de antioxidantes em vegetais (WACHTEL-GALOR, WONG & BENZIE, 2008). Muitos antioxidantes são moléculas hidrofílicas, que podem ser facilmente lixiviadas na água de cozimento (IBORRA-BERNAD, GARCÍA-SEGOVIA & MARTÍNEZ-MONZÓ, 2015). O uso do sous-vide aumenta a capacidade antioxidante em vegetais, e as explicações para este aumento são variadas, tais como: liberação de altas quantidades de compostos antioxidantes devido a destruição de paredes celulares e sub-celulares em cozimentos mais agressivos, produção de antioxidantes fortes e eliminação de radicais por reação química térmica, supressão da capacidade de oxidação de antioxidantes por inativação térmica de enzimas oxidativas e/ou produção de novos antioxidantes não nutrientes ou formação de novos compostos como produtos de reação Maillard com capacidade antioxidante (REIS et. al., 2015) .

As espécies Brassica, dentre os estudos com vegetais submetidos ao sous-vide, merecem especial atenção. São espécies que possuem propriedades antioxidantes (SEONG et. al., 2016; UPADHYAY et. al., 2016) e são muito apreciadas em função de seu elevado valor nutricional e pela sua praticidade de cozimento. Também é importante observar que, o conteúdo de polifenóis e de vitamina C variam de modo significante, em função das condições de processamento, entre diferentes subespécies de Brassica, como relatado no estudo de Lafarga et. al. (2018b). Por isto que os vegetais da espécie Brassica, apesar de serem uma relevante fonte de nutrientes, tem a disponibilidade destes fortemente influenciada pelo modo de preparação para o consumo (LORKIEWICZ & BERSKI, 2017). A família das Brassicaceae ou Cruciferae abrangem uma grande variedade de gêneros e espécies, entre as quais estão a repolho, a couve e o nabo (CARTEA et. al., 2010). A ingestão de vegetais da família das

Brassicaceae, tem sido associada a uma diminuição do risco de doenças crônicas (WAGNER et. al., 2013).

Vegetais da espécie Crucíferas também contém grandes quantidades de compostos promotores de saúde, tais como compostos fenólicos (LAFARGA et. al., 2018a; MURILLO & MEHTA, 2001). Uma dieta rica em vegetais dessa espécie, que são ricos em antioxidantes, pode auxiliar na prevenção de doenças como do câncer, cardiovasculares, obesidade, diabetes e hipertensão. Brócolis e couve-flor são exemplos de vegetais ricos em carotenóides, com elevadas quantidades de luteína e b-caroteno (KAULMANN et. al., 2014).

Apesar de vários relatos positivos na preservação ou aumento do conteúdo de polifenóis, carotenos, atividade antioxidante e vitamina C, em alimentos processados por sous-vide, há estudos que relatam perdas destes compostos em relação ao conteúdo no alimento in natura e mesmo quando comparados a outros métodos de processamento (SILVA et. al., 2019; LAFARGA et. al., 2018b; REIS et. al., 2015; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ et. al., 2013; CHIAVARO et. al., 2012).

Segundo Chiavaro et al., (2012), as diferentes respostas oferecidas ao tratamento sous vide por dois vegetais diferentes (couve-de-bruxelas e cenoura) provavelmente podem estar relacionadas às suas diferentes estruturas vegetais. Isso foi particularmente evidente durante o armazenamento sous vide: as couves de Bruxelas ficaram mais macias, favorecendo a liberação de compostos antioxidantes, enquanto as cenouras endureceram, determinando uma proteção dessas moléculas pela oxidação.

Segundo Ginés et al., (2013), os tratamentos de cozimento, em geral, aumentaram o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante total correlacionada, mostrando que as amostras micro-ondas apresentam os maiores incrementos. No entanto, não houve uma tendência ascendente relacionada ao aumento do teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante entre os tratamentos convencionais e à base de vácuo. Em contrapartida, o teor total de vitamina C após o cozimento diminuiu, mostrando que a fervura a vácuo apresentou a melhor retenção, em comparação com a fervura convencional que apresentou o menor teor. Como principal conclusão, os tratamentos de cocção a vácuo estudados geralmente apresentaram melhor qualidade microbiana, física e sensorial, preservando ou mesmo melhorando o teor de antioxidantes em relação aos métodos convencionais.

Segundo Renna et al., (2013), uma técnica inovadora de sous vide foi comparada com alguns métodos convencionais de cozimento em duas variedades locais diferentes de caules de chicória. Quanto à avaliação sensorial, todos os tipos de talos cozidos foram considerados aceitáveis. No entanto, as hastes cozidas em sous vide satisfizeram a aceitação do consumidor

mais do que as demais amostras cozidas. Além disso, o sous vide também preservou a cor do caule cru melhor do que os métodos convencionais de cozimento. Por outro lado, o micro-ondas aumentou o conteúdo fenólico total e a capacidade antioxidante total correlacionada. Portanto, concluiu-se nesse trabalho que o caule da chicória pode ser preservada usando a técnica de sous-vide.

Em resultados publicados por Alcuson et al., (2017), a atividade antioxidante de caules cozidos em sous-vide apresentaram maior atividade antioxidante do que o produto cru. A atividade antioxidante das amostras de sous-vide foi quase o dobro da atividade das amostras fervidas. Este aumento pode ser explicado por razões semelhantes às descritas para o teor de compostos fenólicos. A menor atividade antioxidante das amostras fervidas em relação às amostras sous-vide pode ter ocorrido porque os compostos liberados pela destruição térmica das paredes celulares lixiviaram na água de cozimento. O cozimento no micro-ondas não modificou a atividade antioxidante dos talos cozidos em sous-vide.

Guillen et al., (2016) destaca que para todos os vegetais em estudo (brócolis, feijão verde, alcachofra e cenoura), a utilização da técnica sous-vide resultou em uma melhora nas propriedades relacionadas à saúde, pois aumentou a retenção fenólica, bem como a retenção da atividade antioxidante, em comparação com produtos cozidos. Especialmente notáveis foram os aumentos no conteúdo fenólico em brócolis e a atividade antioxidante em alcachofras. Com exceção do feijão verde, o cozimento por imersão em água a uma temperatura entre 85 e 90 °C resultou em benefícios semelhantes aos do cozimento sous-vide, embora em menor grau. A retenção fenólica aumentou no brócolis de 42,0% no caso do produto cozido para 75,5%, e a capacidade antioxidante aumentou de 17,0% para 53,5% na alcachofra e de 9,2 para 34,6% na cenoura.

Segundo Koç et al., (2017), a atividade antioxidante, o teor de fenólicos e o teor de vitamina C foram mais protegidos em CV do que em SV e TC. No entanto, os valores de  $\bar{y}E$  do TC foram inferiores aos demais. Pode-se supor que a cor das amostras foi melhor protegida com TC devido aos menores tempos de cozimento. Considerando a aceitação geral, as ervilhas cozidas com CV obtiveram a maior valorização comparando-se aos demais métodos.

Três diferentes métodos de cocção, ou seja, sous-vide (SV), cozimento a vapor (CV) e cozimento tradicional (TC) e os seus parâmetros foram investigados e comparados através da cozedura de ervilhas e cenouras. As amostras cozidas em cozimento tradicional foram de qualidade inferior quando comparadas com sous vide e CV. O tempo de cozimento mais longo para atingir as ervilhas verdes cozidas aceitáveis e cenoura foi observada para o método SV. Embora o tempo de cozimento dos CVs tenha sido maior que o TC, foi mais razoável devido à

proteção dos nutrientes das ervilhas e cenouras. O método CV pode ser sugerido para vegetais com alta capacidade de retenção de água e uma película externa natural (como ervilhas). No entanto, as hortaliças não entram em contato direto com a água no sous-vide, impedindo a difusão de materiais hidrossolúveis e melhorando a qualidade nutricional das hortaliças, além de proteger a cor das amostras duas vezes melhor do que outras técnicas.

Em estudo desenvolvido por Kosewski et al., (2018) com diferentes hortaliças, a couve foi caracterizada pelo maior potencial antioxidante entre os vegetais crus no método usando o radical DPPH, enquanto o aipo teve o maior potencial se o método FRAP foi usado. Essa discrepância mostra diferenças nesses dois métodos de determinação do potencial antioxidante. Para a maioria das hortaliças, observou-se redução do potencial antioxidante após o processamento em relação às hortaliças cruas. Vegetais que devem ser consumidos crus incluem: pimentão verde, cebola branca, espinafre, raiz de salsa e alho-poró.

O potencial antioxidante de duas hortaliças (couve e pimentão), independente do tipo de processamento e método de determinação (FRAP e DPPH) aumentou em relação às hortaliças cruas. Legumes como couve, beterraba, pimentão vermelho, batata-doce, cenoura, couve-flor e couve-rábano aumentaram seu potencial antioxidante após o processamento pelo método sous-vide em comparação com vegetais crus. Considerando a comparação dos próprios processos, o método sous-vide apresenta mais vantagens. Legumes como cebola roxa, chalota, brócolis, tomate, raiz de salsa e couve-flor apresentaram maior potencial antioxidante após o cozimento pelo método sous-vide do que pelo método clássico.

Em resultados divulgados por Lafarga et al., (2018), o cozimento resultou na perda de rigidez de alguns vegetais, provavelmente causada pela degradação da clorofila. No entanto, não foram observadas diferenças após o processamento a vapor ou sous-vide na aparência visual geral de vegetais Brassica selecionados. O conteúdo de polifenóis e vitamina C variou significativamente entre as diferentes subespécies de Brassica. As variedades não processadas apresentaram os maiores teores de fenólicos e vitamina C, respectivamente. A variedade Grelo também apresentou a maior capacidade antioxidante. Essas variedades são comumente consumidas em Portugal, Espanha e Itália. No entanto, seu consumo em outros países é pouco frequente. Os resultados aqui obtidos sugerem que as brássicas incomuns, como o Grelo, podem ser tão nutritivas e saudáveis quanto as comumente consumidas, incluindo o brócolis. No entanto, para avaliar os efeitos na saúde após a ingestão, estudos in vitro e in vivo devem ser realizados. Além disso, o cozimento resultou em grandes perdas de compostos fenólicos e vitamina C. A otimização das condições de cozimento pode resultar em perdas reduzidas de compostos nutritivos. Além disso, os resultados relatados no presente estudo, juntamente com

um maior interesse em culturas tradicionais, podem abrir novas oportunidades para processadores de alimentos para seu uso e promover seu consumo e pesquisas adicionais.

Segundo Paciulli et al., (2017), a aplicação do cozimento a vapor em condições de tempo/temperatura adequadas pode ser proposta como uma alternativa adequada à cozimento a tradicional de couve de Bruxelas e abóbora, podendo preservar ou melhorar suas propriedades físicas ou antioxidantes. Em particular, para as couves de Bruxelas, em comparação com as amostras cozidas no vapor, foi observada uma boa resposta de textura a 90 °C, com aumento do teor de fenol total em todas as temperaturas testadas para o tempo de cozimento mais longo (40 min). A cor verde, por outro lado, sofreu efeito prejudicial em todas as condições de cozimento ar-vapor. Para os cubos de abóbora, observou-se boa textura e retenção de cor para o menor tempo de cozimento (5 min) em todas as temperaturas; altos valores de FRAP e fenóis totais foram observados após longos tempos de cozimento).

Segundo Florkiewicz et al., (2018) uma correlação positiva significativa entre atividade antioxidante e o teor de vitamina C e compostos fenólicos totais em vegetais crus foi observada, bem como em vegetais submetidos a tratamento térmico. O método sous-vide mostrou-se a técnica mais vantajosa em relação à preservação da vitamina C, tanto diretamente após o processamento quanto durante o armazenamento de vegetais processados. Entre os fitoquímicos estudados, os ácidos p-cumárico e gálico foram os mais estáveis de todos os vegetais cozidos por este método.

Rinaldi et al., (2020) infere que a atividade antioxidante total, atribuível ao efeito de carotenoides e polifenóis, foi melhorada após o cozimento em comparação com a crua principalmente para amostras de cozimento, seguidas de vapor e sous vide. Esses resultados inferiram que a capacidade do tratamento sous-vide de liberar os antioxidantes lipossolúveis do tecido vegetal foi menor do que o tratamento com forno a vapor e, conseqüentemente, menor do que a fervura. O processo de sous-vide melhorou a extração do conteúdo geral de carotenóides e tocoferol principalmente na couve-flor, seis e três vezes mais do que a couve-flor crua. Nossos resultados evidenciaram que todos os procedimentos testados levaram a um aumento da extração de carotenóides em couve-flor. No entanto, a extensão do aumento mudou de acordo com a variedade de couve-flor, condições operatórias (tempo e temperatura de cozimento) e natureza química do composto específico. Em qualquer caso, dado o mesmo tempo e temperatura de cozimento, a fervura apresentou a maior capacidade de liberar todos os antioxidantes lipossolúveis do tecido da couve-flor em comparação com os métodos de forno a vapor e sous-vide.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sous-vide tem tido uma crescente aplicação nos últimos anos no setor de alimentos. A técnica visa melhorar os atributos sensoriais e nutricionais de alimentos. Seu uso é adequado para diferentes aplicações, incluindo a manutenção de atributos de qualidade, preservação ou potencialização de aspectos nutricionais e inativação de microrganismos patógenos em vegetais. A aplicação desta tecnologia, de fato apresenta diversos benefícios, principalmente quando comparado a métodos mais agressivos, como a cozedura de vegetais por imersão.

O sous-vide tem um bom potencial para minimizar perdas de qualidade em vegetais, quando comparado com métodos tradicionais (fervura, vapor), mas este benefício da técnica é altamente dependente do fator tempo e temperatura, assim como das características da matriz alimentar. A literatura científica sobre o tema demonstra que o sous-vide tem sido aplicado com êxito em diferentes vegetais, contudo ainda faltam estudos que colaborem para diversificar a gama de vegetais submetidos a este processo, pois como observado, há uma certa concentração em estudos com vegetais do gênero Brassica. São escassos os estudos sobre vegetais de caule ou talo (aipo, palmito, por exemplo), vegetais de raiz, visto que há uma concentração de estudos apenas sobre cenoura, e alguns tubérculos e legumes.

É importante ressaltar que o sous-vide tem suas vantagens e limitações como qualquer tecnologia destinada ao preparo de alimentos, Ainda há desafios, como o prolongamento do prazo de validade em produtos, sem comprometer seus aspectos nutricionais e sensoriais. Contudo, como apontado por alguns estudos, este objetivo pode ser alcançado com a combinação de diferentes estratégias, tais como a adoção de conservantes, a combinação com outros métodos de cocção além de estudos aprofundados sobre a ação do pH dos vegetais nesta técnica.

## REFERÊNCIAS

ALCUSÓN, G., REMÓN, S., & SALVADOR, M. L. Quality related aspects of sous-vide processing of borage (*Borago officinalis* L.) stems. *LWT-Food Science and Technology*, 85, 104-109, 2017.

BALDWIN, D. E. *A practical guide to sous vide cooking*. 2008.

BALDWIN, D.E. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. v.1, p.15–30, 2012.

BARREIROS, A.; DAVID, L. B. S.; JUCENI, P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química nova*, v. 29, p. 113-123, 2006.

BECKER, André et al. Low temperature cooking of pork meat—Physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*, v. 118, p. 82-88, 2016.

BORCH, E.; KANT-MUERMANS, M. L.; BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*. v.33, n.1, p.103-120, 1996.

BOTINESTEAN, C. et al. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. *Meat Science*, v. 177, p. 108491, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução - RDC nº 216, de 15 set. 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. *Diário Oficial da União: Brasília*. 2004. 12p.

BRITTON, J. R. et al. Dietary antioxidant vitamin intake and lung function in the general population. *American journal of respiratory and critical care medicine*, v. 151, n. 5, p. 1383-1387, 1995.



BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. *Food research international*, v. 35, n. 2-3, p. 279-284, 2002.

CABEZAS-SERRANO, A. B., AMODIO, M. L., CORNACCHIA, R., RINALDI, R., & COLELLI, G. Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biology and technology*, 53(3), 138-144, 2009.

CARTEA, M. E., FRANCISCO, M., SOENGAS, P., & VELASCO, P. Phenolic compounds in Brassica vegetables. *Molecules*, 16(1), 251-280, 2011.

CHARLEY, H., & WEAVER, C. Starches and vegetable gums. *Foods: a Scientific Approach*, third ed. Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 139-161, 1998.

CHIAVARO, E., MAZZEO, T., VISCONTI, A., MANZI, C., FOGLIANO, V., & PELLEGRINI, N. Nutritional quality of sous vide cooked carrots and Brussels sprouts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(23), 6019-6025, 2012.

DAVEY, M. W. et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 7, p. 825-860, 2000.

DOMINGUEZ-HERNANDEZ, E.; SALASEVICIENE, A.; ERTBJERG, P. Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, v. 143, p. 104-113, 2018.

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*, v. 172, p. 770-777, 2015.

ELES-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem* 102 (1): 201- 209, 2007.

FABBRI, A. D., & CROSBY, G. A. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 3, 2-11, 2016.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Revista da associação médica brasileira*, v. 43, p. 61-68, 1997.

FLORKIEWICZ, A. et al. Sous-vide technique as an alternative to traditional cooking methods in the context of antioxidant properties of Brassica vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 1, p. 173-182, 2019.

GONNELLA, M., DURANTE, M., CARETTO, S., D'IMPERIO, M., & RENNA, M. Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and sous-vide cooking methods. *LWT*, 92, 161-168, 2018.

GUILLÉN, S. et al. Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food chemistry*, v. 217, p. 209-216, 2017.

GÜLCIN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of toxicology*, v. 86, n. 3, p. 345-391, 2012.

HATHERWAY, C. L. *Clostridium botulinum* and other clostridia that produce botulinum neurotoxin. In: Hauschild, A. & Dodds, K. L. (Eds.) *Clostridium botulinum: Ecology and control in foods*. New York: Marcel Dekker Inc. 1992.

IBORRA-BERNAD, C., GARCÍA-SEGOVIA, P., & MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Physico-Chemical and Structural Characteristics of Vegetables Cooked Under Sous-Vide, Cook-Vide, and Conventional Boiling. *Journal of food science*, 80(8), E1725-E1734, 2015.

ISMAIL, I. et al. Control of sous-vide physicochemical, sensory, and microbial properties through the manipulation of cooking temperatures and times. *Meat Science*, p. 108787, 2022.

KAULMANN, A., JONVILLE, M. C., SCHNEIDER, Y. J., HOFFMANN, L., & BOHN, T. Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of *Brassica oleraceae* and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food chemistry*, 155, 240-250, 2014.

KAWASAKI, V. M. Sistema Cook-chill para o Controle de Alimentos. In: Silva, Junior, E. A. Manual do Controle Higiênico-sanitário em Serviços de Alimentação. São Paulo: Livraria Varela, cap. 6, p 410-416, 2007.

KELLER, T. Under pressure: Cooking sous vide. Artisan Books, 2008.

KOÇ, M. et al. Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. *Innovative food science & emerging technologies*, v. 42, p. 109-119, 2017.

KORKEALA, H. e BJLRKROTH, K. J. Spoilage and contamination of vacuum packaged cooked sausages: A review. *Journal of Food Protection*. v.60, n.6, p.724–731. 1997.

KOSEWSKI, G. et al. Comparison of antioxidative properties of raw vegetables and thermally processed ones using the conventional and sous-vide methods. *Food chemistry*, v. 240, p. 1092-1096, 2018.

LAFARGA, T., BOBO, G., VIÑAS, I., COLLAZO, C., & AGUILÓ-AGUAYO, I. Effects of thermal and non-thermal processing of cruciferous vegetables on glucosinolates and its derived forms. *Journal of food science and technology*, 55(6), 1973-1981, 2018a.

LAFARGA, T., VIÑAS, I., BOBO, G., SIMÓ, J., & AGUILÓ-AGUAYO, I. Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus *Brassica*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 412-420, 2018b.

LORKIEWICZ, A., & BERSKI, W. Application of sous vide method as an alternative to traditional vegetable cooking to maximize the retention of minerals. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13508, 2017.

MARTENS, T; SCHELLEKENS, M. The 'sous vide' process. In: Meat quality and meat packaging. European Consortium for Continuing Education in Advanced Meat Science and Technology, Utrecht, Holanda. 1995.

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B et al. Quality changes after vacuum-based and conventional industrial cooking of kailan-hybrid broccoli throughout retail cold storage. LWT-Food Science and Technology, v. 50, n. 2, p. 707-714, 2013.

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B. Innovative cooking techniques for improving the overall quality of a kailan-hybrid broccoli. Food and Bioprocess Technology, 6(8), 2135-2149, 2013.

McDONALD, K; SUN, D. W.; KENNY, T. Comparison of the quality of cooked beef products cooled by vacuum cooling and by conventional cooling. Lebensm-Wiss. U. Technology. v.33, n. , p.21-29, 2000.

MURILLO, G., & MEHTA, R. G. Cruciferous vegetables and cancer prevention. Nutrition and cancer, 41(1-2), 17-28, 2001.

NARENDRANATH. N. V.; HYNES, S. H.; THOMAS, K. C.; INGLEDEW, W. M. Effects of lactobacilli on yeast-catalyzed ethanol fermentations. Applied and Environmental Microbiology, v.63, n.11, 1997.

NARTEA, A. et al. Impact of mild oven cooking treatments on carotenoids and tocopherols of cheddar and depurple cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis). Antioxidants, v. 10, n. 2, p. 196, 2021.

NICOLI, M. C.; ANESE, Monica; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

OLIVEIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; CUNHA, D. G.; LEMOS, A. B. Embalagens termoformadas e termoprocessáveis para produtos cárneos processados. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v.16, n.3, 2006.

OLIVEIRA, T. C. e SILVA, D. A. Administração de unidades produtoras de refeições. Desafios e perspectivas. Rio de Janeiro: Rubio Ltda. 201p, 2016.

PACIULLI, M. et al. Application and optimisation of air–steam cooking on selected vegetables: impact on physical and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, n. 6, p. 2267-2276, 2018.

PATRAS, A., TIWARI, B. K., & BRUNTON, N. P. Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 299-306, 2011.

PAULUS, K.; SAGUY, I. Effect of heat treatment on the quality of cooked carrots. *Journal of Food Science*, v.45, 1980.

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*, 58(7), 4310-4321, 2010.

PUUPPONEN-PIMIÄ, R. et al. Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1389-1402, 2003.

RENNA, M. et al. Quality evaluation of cook-chilled chicory stems (*Cichorium intybus* L., Catalogna group) by conventional and sous vide cooking methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 4, p. 656-665, 2014.

RINALDI, M. et al. Comparison of physical, microstructural and antioxidative properties of pumpkin cubes cooked by conventional, vacuum cooking and sous vide methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 101, n. 6, p. 2534-2541, 2021.

RUIZ-MAY, E.; ROSE, J. K. 7 Cell Wall Architecture and Metabolism in Ripening Fruit and the Complex Relationship with Softening. *The Molecular Biology and Biochemistry of Fruit Ripening*, p.163-187, 2013.

SAIKIA, S., & MAHANTA, C. L. Effect of steaming, boiling and microwave cooking on the total phenolics, flavonoids and antioxidant properties of different vegetables of Assam, India. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 2(3), 47, 2013.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. Portaria - CVS nº 5, de 9 abr. 2013. Aprova o regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, 2013. 29p.

SEONG, G. U., HWANG, I. W., & CHUNG, S. K. Antioxidant capacities and polyphenolics of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *Pekinensis*) leaves. *Food Chemistry*, 199, 612-618, 2016.

SHAHIDI, F.; AMAROWICZ, R. Antioxidant activity of protein hydrolyzates from aquatic species. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 73, n. 9, p. 1197-1199, 1996.

SILVA JÚNIOR, Ê. A. Manual de Controle Higiênico Sanitário em Alimentos. São Paulo: Livraria Varela, 6.ed. 2005.

SILVA, M. D. F. G. D., SOUSA, P. H. M. D., FIGUEIREDO, R. W., GOUVEIA, S. T., & LIMA, J. S. S. Cooking effects on bioactive compounds and sensory acceptability in pumpkin (*Cucurbita moschata* cv. Leite). *Revista Ciência Agronômica*, 50(3), 394-401, 2019.

STEA, T. H., JOHANSSON, M., JÄGERSTAD, M., & FRØLICH, W. Retention of folates in cooked, stored and reheated peas, broccoli and potatoes for use in modern large-scale service systems. *Food Chemistry*, 101(3), 1095-1107, 2007.

UPADHYAY, R., SEHWAG, S., & SINGH, S. P. Antioxidant activity and polyphenol content of *Brassica oleracea* varieties. *International Journal of Vegetable Science*, 22(4), 353-363, 2016.

VEDA, S., PLATEL, K., & SRINIVASAN, K. Enhanced bioaccessibility of  $\beta$ -carotene from yellow-orange vegetables and green leafy vegetables by domestic heat processing. *International journal of food science & technology*, 45(10), 2201-2207, 2010.

VEGA-MERCADO, H. et al. Non-thermal food preservation: pulsed electric fields. Trends in food science & technology, v. 8, n. 5, p. 151-157, 1997.

WACHTEL-GALOR, S., WONG, K. W., & BENZIE, I. F. The effect of cooking on Brassica vegetables. Food chemistry, 110(3), 706-710, 2008.

WAGNER, A. E., TERSCHLUESEN, A. M., & RIMBACH, G. Health promoting effects of brassica-derived phytochemicals: from chemopreventive and anti-inflammatory activities to epigenetic regulation. Oxidative medicine and cellular longevity, 2013.

XIAO, S.; ZHANG, W.G.; LEE, E.J.; MA, C.W.; AHN, D.U. Effects of diet, package and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. Poultry Science. v.90, n.6, p.1348-1357, 2011.

ZHONG, X.; DOLAN, D.K.; ALMENAR, E. Effect of steamable bag microwaving versus traditional cooking methods on nutritional preservation and physical properties of frozen vegetables: A case study on broccoli (*Brassica oleracea*). Innovative Food Science and Emerging Technologies v.31, p.116-122, 2015.