



SOUS-VIDE: APLICAÇÕES E QUALIDADE DE VEGETAIS

Ítalo de Paula Casemiro^a; Rui Carlos Zambiazzi^b; Ana Lúcia do Amaral Vendramini^a

a Universidade Federal do Rio de Janeiro

b Universidade Federal de Pelotas

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 da literatura, busca sistematizar o conhecimento acerca do emprego desta técnica no processamento de vegetais, destacando os principais aspectos e discussões referentes aos valores nutricionais, sensoriais e microbiológicos em torno da aplicação da técnica.

Palavras-chave: Baixa Temperatura; Qualidade; Processamento; Vácuo; Vegetais.



1. INTRODUÇÃO

O consumo de vegetais está associado a uma alimentação mais saudável e consequentemente, à promoção da saúde (OPAS, 2003). Os vegetais são alimentos ricos em fibras, fitoquímicos e minerais (Amoroso, Rizzo & Muratore, 2019), e por isso, o consumo de vegetais está associado a diversos benefícios para a saúde humana. A OMS (WHO, 2003) recomenda a ingestão diária de 400g de alimentos de origem vegetal, mas em muitos países, como no Brasil, a população consome um valor abaixo do recomendado (Damiani et. al., 2017; Silva, Smith-Menezes & Duarte, 2016).

O crescimento de consumidores preocupados com a saúde e com falta de tempo para preparar pratos frescos, têm impulsionado a busca por produtos prontos e saudáveis (Rondanelli et. al., 2017) e isto reflete também nos serviços de alimentação. As demandas dos consumidores contemporâneos preocupados com a saúde estão cada vez mais focadas em alimentos convenientes e agradáveis, que mantenham seus atributos gustativos, olfativos e visuais naturais, juntamente com o valor nutricional (Kilibarda et. al., 2018). A sociedade demanda alimentos preparados de forma mais fácil e rápida, mas sem perder a qualidade nutricional e sensorial (Yıkmiş et. al., 2018).

Por conta da maior conscientização do consumidor, em relação a alimentação, dieta e saúde, o aumento da busca por produtos naturais, saborosos e nutritivos tem se expandido (Grasso et. al., 2014). Outro fator que tem elevado o consumo de alimentos de origem vegetal é a demanda por comida vegana, que cresceu rapidamente em muitos países (Janssen et. al., 2016).

Cozimentos por métodos como fervura, sob pressão, no micro-ondas, grelha, fritura e a vapor, podem gerar perdas na qualidade nutricional, por conta das altas temperaturas e lixiviação na água de cozimento (Guillén et. al., 2017). O processo de cozimento também tem efeitos negativos pela redução dos valores nutritivos causados pela degradação de vitaminas termolábeis (especialmente vitaminas do grupo C e B), destruição de alguns aminoácidos essenciais e pela perda de sais minerais e vitaminas na água de cozimento (Rondanelli et. al., 2017). Diversas são as pesquisas demonstrando as perdas de qualidade em vegetais, por conta de métodos relacionados ao cozimento (Lešková et. al., 2006). Apesar de poderem ser consumidos frescos,



vegetais são comumente cozidos para melhorar a palatabilidade e estender o prazo de validade, mas isso lhes causa diversas alterações nutricionais e físicas (Lafarga et. al., 2018a).

Neste contexto, a aplicação de tratamentos térmicos é eficaz para o processamento de vegetais, contudo, podem gerar efeitos adversos, como a perda de qualidade nutricional e sensorial. Tendo em vista superar estes obstáculos, novas tecnologias têm sido utilizadas, tais como o Sous-Vide (SV).

O SV é uma técnica de cocção aplicada desde a década de 1970 (Baldwin, 2012), mas somente nas últimas duas décadas tem atraído o maior interesse da comunidade científica. O termo deriva do francês, e refere-se a cozinhar "sob vácuo", sob condições controladas de temperatura e dentro de bolsas à vácuo estáveis ao calor (Schellekens, 1996; Baldwin, 2012, Renna et al., 2014). A técnica do SV foi introduzida pelo cozinheiro francês George Pralus em 1974 (Reyner et. al., 1998 apud Sebastião et. al., 2010). O processamento de alimentos, por meio desta técnica, colabora para a obtenção de produtos com maior valor nutricional e sensorial (Baldwin, 2012).

A utilização do SV contribui positivamente na retenção das propriedades dos alimentos, que são valorizadas pelos consumidores, tais como o aroma, sabor, cor, maciez, etc. (Ayub & Ahmad, 2019; Díaz et. al., 2008). O SV é cada vez mais usado no processamento de refeições prontas ou para preparar ingredientes prontos para uso na indústria de serviços alimentícios (Hong, Uhm & Yoon, 2014), com resultados positivos em produtos de origem tanto vegetal quanto animal. O método ganhou reconhecimento, entre outros motivos, por conta de sua capacidade de preservar sabor e aromas referidos como "naturais" do alimento, além de pouco alterar aspectos como a coloração (Florkiewicz, 2018). Outra vantagem é a suculência obtida dos produtos, por conta da redução da perda de água do cozimento (Florkiewicz, 2018).

O SV ainda não é um processo muito comum em ambientes de restauração, sendo mais comum em cozinhas de restaurantes de renome, e muitas vezes ligados a vertente culinária denominada de gastronomia molecular (Ruiz et. al., 2013). Como defendem Ruiz et. al. (2013), técnicas como o SV são uma tendência de unir o conhecimento científico, novas tecnologias e o saber culinário na busca por novos e



sofisticados produtos, promovendo a criatividade por meio da ciência. O SV se popularizou, principalmente, entre chefs de cozinha, os quais passaram a utilizar a técnica como forma de criar pratos, melhorando a qualidade e período de validade de alimentos (Chiavaro et. al., 2012).

Dentro das novas demandas dos consumidores, por alimentos saudáveis e prontos para o consumo, o SV pode ser uma nova alternativa para atender o consumidor (Kato et. al., 2016). O uso do SV pode ser, por exemplo, uma boa opção para o desenvolvimento de produtos minimamente processados, que se trata de um nicho de mercado crescente (Rizzo et. al., 2018).

Tendo em vista este cenário, a presente revisão compila os dados de estudos recentes sobre a aplicação do SV na redução de riscos microbiológicos e no aprimoramento de atributos qualitativos em vegetais.

Processamento por Meio do Sous-Vide (SV)

O SV é caracterizado como um método de cocção a baixas temperaturas, inferiores a 100 °C, e geralmente entre 65 e 95 °C (Carlin, 2014 *apud* Kilibarda et. al., 2018), onde o produto final é selado à vácuo (Lobo, Patil, Phatak e Chandra, 2010), impedindo assim, que nutrientes sejam perdidos durante a cocção por meio de osmose (Baldwin, 2012; Mirzaei, Delaviz & Mohammadi, 2014; Lorkiewicz & Berski, 2017). De modo geral, no SV, a água de cozimento não ferve por conta da baixa temperatura e da condição atmosférica, além de apresentar uma transferência de calor lenta (Koç et. al., 2017). A embalagem a vácuo possibilita a transferência direta de calor da água ou vapor para os alimentos, gerando produtos com características sensoriais específicas, evitando a perda de nutrientes, inibindo o crescimento de micro-organismos aeróbicos e elevando o período do prazo de validade (Lorkiewicz & Berski, 2017).

Basicamente, as etapas do SV são: preparação dos alimentos, embalagem a vácuo, pasteurização, finalização e consumo (Figura 1). Os equipamentos utilizados no processamento SV, além da máquina de selagem a vácuo, inclui um termostato para o controle da temperatura. O tempo e o tratamento térmico variam de acordo com o tipo de alimento que está sendo processado (Baldwin, 2012), assim, dependendo do

tipo de produto (pescados, carnes, vegetais), há diferentes padrões adotados, tendo em vista a garantia da segurança microbiológica e dos aspectos sensoriais.

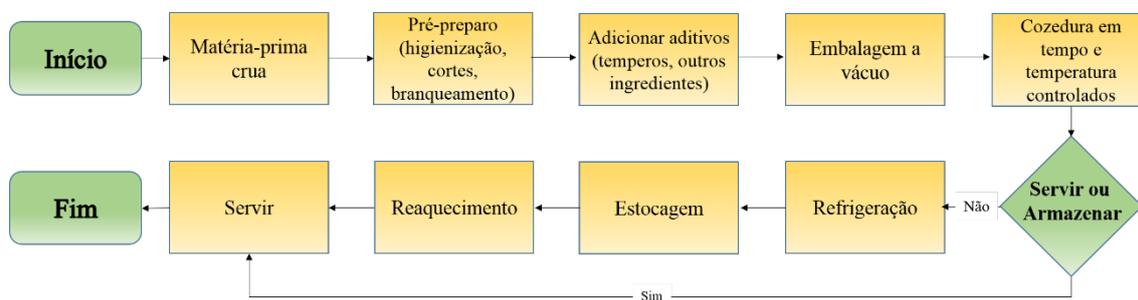


Figura 1 - Fluxo do Processo de Produção por Sous-vide.

Fonte: Adaptado de Ayub & Ahmad (2019) e Yıkmiş et. al. (2018).

Ao definir um controle preciso da temperatura, o método SV oferece novas opções de cozimento e texturas, em comparação com métodos tradicionais, além de melhorar o prazo de validade, sabor e qualidade nutricional de alimentos (Baldwin, 2012; Amoroso, Rizzo & Muratore, 2019). O SV permite que o produto seja cozido no próprio suco, selando sabores e aromas inerentes (Petersen, 1993), permitindo a retenção de textura e nutrientes (Patras, Brunton & Butler, 2010).

A vedação a vácuo é um grande diferencial para o SV, pois esta vedação inibe a oxidação lipídica, mantém o sabor, melhora a capacidade de transferência de calor da água para o alimento e melhora a estabilidade do produto durante o armazenamento (Stea et. al., 2007). A taxa de vácuo aplicado é variável, havendo relatos de estudos que aplicam de 80 a 98% de vácuo (Renna et. al., 2017; Sebastiá, 2009).

A qualidade de produtos processados pelo SV está diretamente ligada a qualidade inicial (química, microbiológica e sensorial) da matéria prima (Bolat et. al., 2019). Os parâmetros aplicados no SV variam de acordo com o tipo de vegetal, portanto há que se levar em consideração aspectos como as diferentes durezas entre vegetais (Araya et. al., 2009), assim como a diferença de comportamento de diferentes

variedades de vegetais em termos de pós-corte (Amoroso, Rizzo & Muratore, 2019). O SV aplicado em vegetais pode atingir diferentes finalidades (Figura 2).

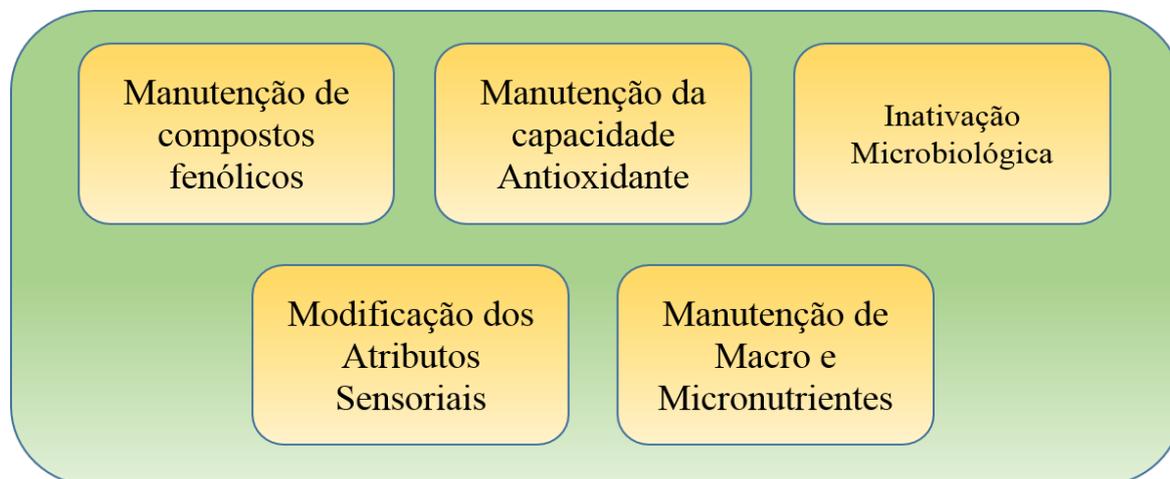


Figura 2 – Finalidades da aplicação do Sous-Vide no Processamento de Vegetais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Alguns estudos (Rawson et. al., 2010; Baardseth et. al., 2010) apresentam o branqueamento dentre as etapas preliminares de processamento no SV, devido a inativação enzimática e preservação da coloração.

Hong, Uhm & Yoon (2014) destacam que, o tamanho das embalagens onde o produto é acondicionado para o SV (Figura 3), também é um aspecto relevante dentro do processo, pois há que se observar a taxa de aquecimento do produto em diferentes pontos, visto que, a variação da temperatura é dependente do tamanho da embalagem (Paik et. al., 2006). A maioria dos processos de aquecimento utilizados no processamento de alimentos requer uma transferência de calor que ocorra de forma bidimensional ou tridimensional. No caso do processamento por SV, apesar da transferência de calor ocorrer por condução, há que se observar que os alimentos têm uma forma irregular (Hong, Uhm & Yoon, 2014). No estudo desenvolvido por Hong, Uhm & Yoon (2014), foi observado que, embora a temperatura e o tempo de

aquecimento sejam fatores importantes, a geometria dos pacotes (embalagens) utilizados no SV também impacta sobre a textura e dureza dos produtos.



Figura 3 – Imagem ilustrativa de cenouras processadas pelo Sous-vide

Fonte: Sous Vide Guy (2018).

O tratamento térmico no SV, de um modo geral, ocorre por condução, mas também pode ocorrer por irradiação. O tratamento de SV no micro-ondas é aquele que utiliza o aquecimento por micro-ondas em vez de água em um banho de aquecimento como em SV tradicional (Martínez-Hernández et. al., 2013). Este tipo de tratamento, com uso de micro-ondas permite preservar a qualidade e segurança microbiológica desejada por menor período de tempo, visto que o SV tradicional, de modo geral, requer mais tempo de cocção (Renna et. al., 2017). As vantagens promovidas pelo SV em micro-ondas em vegetais incluem uma maior preservação de compostos promotores de saúde e um maior controle das bactérias aeróbias mesofílicas (Renna et. al., 2017).



Caso o consumo do produto processado por SV não seja imediato, eles devem ser armazenados sob refrigeração, para aquecimento posterior no momento do consumo (Hyytiä-Trees et. al., 2000). A qualidade do produto processado por SV depende em boa parte do controle e monitoramento de pontos críticos ao longo do processo (Sebastiá et. al., 2010). Após o aquecimento, os produtos obtidos pelo SV devem ser imediatamente resfriados a temperaturas em torno de 0 a 3 °C (Ruiz et. al., 2013). O prazo de armazenamento destes produtos é muito variável, sendo encontrado na literatura médias entre 6 a 42 dias (Schellekens, 1996; García-Linares et. al., 2004).

Como relatado em alguns estudos, o processamento por SV apresenta uma superioridade na qualidade gerada no produto, quando comparado com as técnicas como do *cook-vide* (Iborra-Bernad et. al., 2014) e de imersão (Florkiewicz, Baczkowicz & Pietrzyk, 2018). No entanto, também há outras técnicas como as de alta pressão (Araya et. al., 2009), que apresentam resultados qualitativos próximos ou até superiores que os produtos processados por SV, no entanto, o custo de aquisição do equipamento para aplicação da alta pressão é muito elevado.

Há também barreiras para se aplicar SV tradicional em escala industrial, consistindo em algumas desvantagens do processamento por SV, que incluem o longo tempo de processamento, o custo adicional da operação com insumos como embalagens, na necessidade de uma cadeia de frio adequada e na necessidade de treinamentos específicos dos operadores (Yıkmiş et. al., 2018). Contudo, como apontado por Renna et. al. (2017), o SV em micro-ondas, por apresentar bom nível de segurança microbiológica, também consome menos energia e tempo, apresentando potencial para aplicação na indústria. Para Martínez-Hernández et al. (2013), os tratamentos térmicos à base de vácuo apresentam um bom potencial para, de forma combinada, serem aplicados em escala industrial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão da literatura. Quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, feita a partir do



levantamento de estudos já publicados, que permitam conhecer sobre o assunto principal da pesquisa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Os artigos científicos consultados correspondem a estudos desenvolvidos no Brasil e publicados até o ano de 2020, em inglês, espanhol ou português, em periódicos científicos resultantes das bases eletrônicas Web of Science e Scopus. Apesar de existirem estudos em outras bases científicas, estas são as bases que contemplam as principais pesquisas sobre o tema.

A determinação de palavras-chave foi uma das principais etapas desse trabalho. Considerando a pesquisa, palavras-chave foram selecionadas para manter um foco estrito no processo de busca dos principais aspectos relacionados ao SV e seu uso em vegetais. Portanto, as palavras-chave usadas para esta fase de coleta, juntamente com os operadores *booleanos* OR foram: "sous-vide" AND vegetable OR vegetables.

Para a seleção dos estudos, foi desenvolvida a leitura dos títulos e resumos dos artigos científicos que atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos: artigos de periódicos com texto publicado na forma completa, publicados até 07 de junho de 2020. Esse período foi definido em decorrência de se obterem dados mais atualizados sobre o assunto pesquisado, além disso, foi uma forma de identificar quando os estudos sobre o tema foram iniciados, por isso, não estabelecemos um ano inicial para coleta.

Como critérios de exclusão, foram definidos: publicações duplicadas nas bases de dados, teses, dissertações, publicações na forma de cartas, resenhas, comentários, relatos de experiência, resumos de anais, dossiês, relatórios de gestão e editoriais, livros, capítulos de livros, documentos governamentais e boletins informativos.

Foram encontrados 84 trabalhos sobre o tema, sendo 47 Web of Science e 37 no Scopus. De acordo com os critérios de inclusão e exclusão, pré-estabelecidos, foram selecionados ao final da análise 38 trabalhos referentes ao tema em estudo. Todo o processo de coleta de dados, está sistematizado na Figura 4.

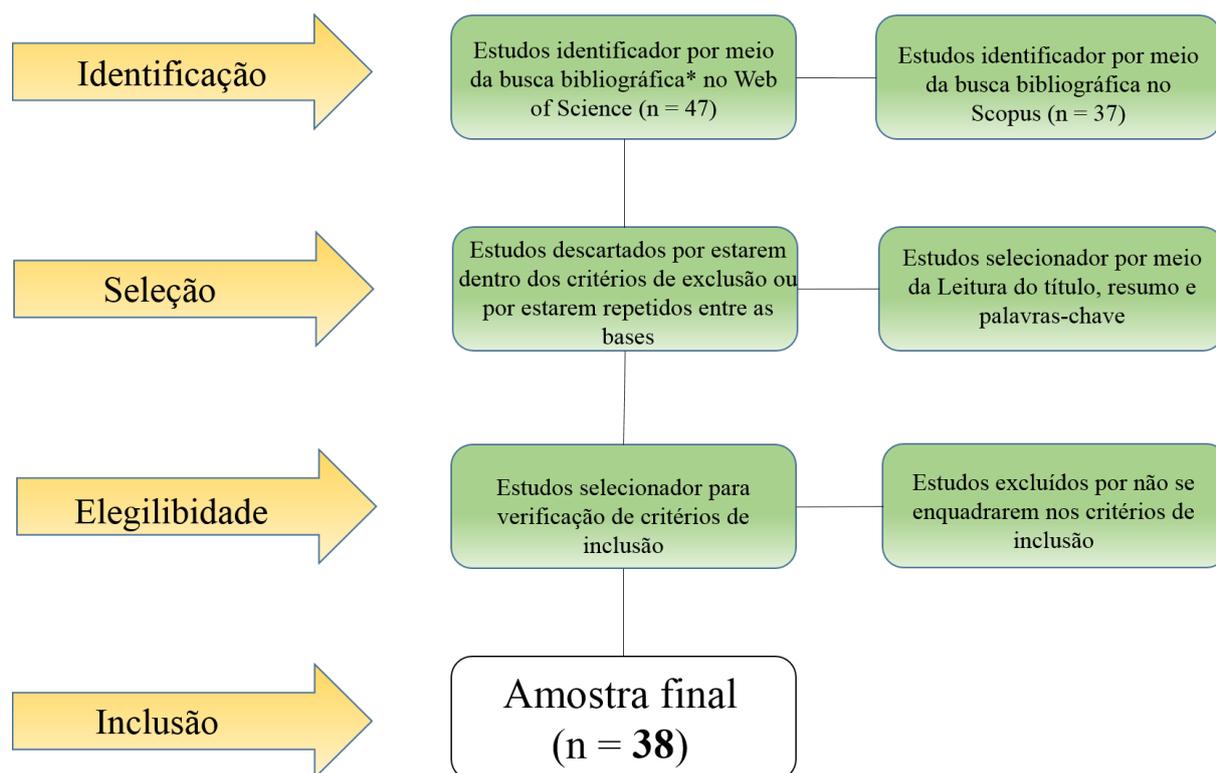


Figura 4 – Processo de Coleta de Estudos

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Os artigos selecionados foram organizados em uma planilha para extração dos dados, contendo aspectos referentes à: tipos de vegetais pesquisados; objetivo do estudo; parâmetros avaliados; métodos aplicados; resultados; conclusões; limitações e; sugestões de pesquisas futuras. Foi realizada leitura criteriosa dos artigos selecionados, analisando os principais elementos apresentados nas pesquisas, de forma a extrair o conhecimento atual sobre SV no processamento de vegetais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos Nutricionais Relacionados ao Processamento por SV

Os vegetais são componentes importantes de nossa dieta, sendo fonte de inúmeros nutrientes, dentre eles os compostos bioativos (Lorkiewicz & Berski, 2017). De um modo geral, para funcionar de forma equilibrada, o corpo humano precisa de uma série de macro e micronutrientes que estão disponíveis em diversos alimentos, especialmente nos vegetais (Fabbri & Crosby, 2016).



Apesar de muitos vegetais serem consumidos frescos, o processamento é uma forma de obter produtos mais estáveis e com texturas desejadas, mas este processamento pode influenciar de forma positiva ou negativa no perfil nutricional destes alimentos (Baardsethe et. al., 2010).

O processamento de vegetais antes do consumo ocasiona uma redução em seu valor nutricional (Pelegri 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).

Na Tabela 1, são apresentados alguns benefícios obtidos com o uso do SV na preservação de compostos bioativos de vegetais, comparando-se com outras técnicas ou com os valores obtidos em vegetais crus.

Tabela 1 – Alterações Positivas Obtidas na Composição de Vitamina C, Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante em Vegetais Processados por Sous-vide.

Parâmetro Avaliado	Aspectos observados	Referências
Vitamina C	- Reduz de forma moderada ou pouco significativa o conteúdo. A redução ocorre em função do tempo e temperatura.	Florkiewicz et. al. (2019); Gonnella et. al. (2018); Rizzo et. al. (2018); Koç et. al. (2017); Reis et. al. (2015); Iborra-Bernad, García-Segovia & Martínez-Monzó (2015); Chiavaro et. al. (2012); Baardseth et. al. (2010); Petersen (1993).
Compostos Fenólicos	- Eleva o conteúdo ou reduz de forma pouco	Florkiewicz et. al. (2019); Rizzo et. al. (2018); Alcusón, Remón &



significativa. Observa-se variações entre diferentes espécies de vegetais.

Salvador (2017); Guillén et. al. (2017); Koç et. al. (2017); Reis et. al. (2015); Iborra-Bernad, García-Segovia & Martínez-Monzó (2015); Renna et. al. (2013), Martínez-Hernández et. al. (2013); Chiavaro et. al. (2012); Baardseth et. al. (2010); Patras, Brunton & Butler (2010).

Atividade Antioxidante

- Eleva o conteúdo, mas depende do tipo de matriz alimentar, pois em alguns casos o conteúdo é moderadamente reduzido.

Florkiewicz et. al. (2019); Kosewski et. al. (2018); Rizzo et. al. (2018); Alcusón, Remón & Salvador (2017); Guillén et. al. (2017); Reis et. al. (2015); Renna et. al. (2013); Martínez-Hernández et. al. (2013a); Martínez-Hernández et. al. 2013b; Chiavaro et. al. (2012); Patras, Brunton, & Butler (2010); Baardseth et al. (2010).

Carotenóides

- Preserva de forma significativa o conteúdo em comparação com o alimento cru.

Gonnella et. al. (2018); Guillén et. al. (2017); Iborra-Bernad, García-Segovia & Martínez-Monzó (2015); Martínez-Hernández et. al. 2013b; Chiavaro et. al. (2012); Patras, Brunton & Butler (2010).

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Como pode-se observar, são diversos os estudos que demonstram como o processamento por SV pode impactar de forma positiva na manutenção ou elevação do conteúdo de compostos bioativos. É importante destacar que, a intensidade das



diferentes condições de cozimento e protocolos de extração usados em diferentes estudos, tais como os apresentados na Tabela 1, podem gerar diferentes níveis de degradação de compostos antioxidantes (Lafarga et. al., 2018b).

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; Vallejo, Tomas-Barberan & Garcia-Viguera, 2002).

O processamento por SV 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 SV, 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 SV 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).

O SV se apresenta como uma tecnologia com grande potencial, principalmente quando se refere ao processamento de vegetais que exigem longo tempo de cozimento. Um desses exemplos é a borragem⁶ (*Borago officinalis*), planta herbácea fonte de antioxidantes e polifenóis (Segovia et. al., 2015), que precisa ser cozida por um longo período de tempo (15 min, aproximadamente), devido ao seu caule fibroso.

Alcusón, Remón & Salvador (2017) utilizaram o SV 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 ($p > 0,05$). Outro exemplo é do Aspargo (*Asparagus officinalis*), vegetal rico em

⁶ Borragem (*Borago officinalis* L.), é uma planta herbácea anual mediterrânea, nativa do sul da Europa e do oeste da Ásia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Borragem>. Acesso em: 12 jun. 2020.



ácido ascórbico e carotenoides (Fanasca et. al., 2009), mas que é um vegetal muito perecível devido sua alta taxa de respiração celular ($60 \text{ mg de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $5 \text{ }^\circ\text{C}$). A oxidação de pigmentos, tais como de carotenoides em vegetais, é reduzida com o uso do SV (Chiavaro et. al., 2012). No estudo de Guillén et. al. (2017), com brócolis, feijão verde, alcachofra e cenoura, foi observado a manutenção no teor de carotenoides, comparando-se com o teor nos vegetais crus. Os carotenoides exercem uma importante função na redução de doenças degenerativas, prevenção de catarata, etc. (Gulçin, 2012).

Os polifenóis são outro grupo de compostos preservados em processos com SV. Os polifenóis são antioxidantes abundantes na dieta humana (Manach et. al., 2004) e capazes de prevenir e controlar a formação de radicais livres, que são elementos prejudiciais à saúde, portanto, são compostos relevantes para a redução do risco de doenças (Shahidi, 2000). Os polifenóis atuam na eliminação de radicais livres e seu consumo tem sido associado a efeitos protetores contra a diabetes, câncer e contra o envelhecimento (Pandey & Rizvi, 2009; Khurana et al., 2013; Tomás-Barberán et. al., 2016). Estes compostos são abundantes nos vegetais (Rickman, Barrett & Bruhn, 2007; Berger et. al., 2007; Hollman & Arts, 2000), mas são afetados de diferentes maneiras pelo cozimento (Wachtel-Galor, Wong & Benzie, 2008), causando perdas de flavonóides e antocianinas, dentre outros nutraceuticos presentes naturalmente em vegetais (Jiménez-Monreal et. al, 2009; Perla et. al., 2012). Nos vegetais, os compostos fenólicos são perdidos por lixiviação e pelas altas temperaturas, que provocam o rompimento das paredes celulares, causando sua degradação (Francisco et al., 2010).

A vitamina C é outro composto importante para o organismo humano, que pode ser perdido durante a cocção (Rickman, Barrett & Bruhn, 2007; Berger et. al., 2007). A vitamina C, que inclui o ácido ascórbico, tem uma variedade de atividades biológicas no corpo humano (Bakker et. al., 2016). Vegetais do gênero *Brassica*⁷ são fontes ricas de vitamina C, tais como a couve, que possui $92,6 \text{ mg} / 100\text{g}$ de porção comestível (Pfundt et. al., 2003). A vitamina C tem uma alta sensibilidade ao calor, ao oxigênio e

⁷ *Brassica* é um género botânico pertencente à família *Brassicaceae*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Brassica>. Acesso em: 24 jun. 2020.



a luz, sendo portanto, muito afetada durante o cozimento de alimentos que contêm este nutriente (Silva et. al., 2019). Devido a quantidade reduzida de oxigênio no preparo com o SV, há uma maior preservação da vitamina C utilizando esta técnica (Lafarga et. al., 2018b), visto o menor impacto do oxigênio na sua degradação (Verbeyst et. al., 2013).

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 SV 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, p. 776) .

As espécies *Brassica*, dentre os estudos com vegetais submetidos ao SV (Tabela 1), 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 (Manchali, Murthy & Patil, 2012). Também é importante observar que, o conteúdo de polifenóis e de vitamina C variam de modo significativo, 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).

É importante apontar que, muitos estudos (Florkiewicz et. al., 2019; Lafarga et. al., 2018a; Florkiewicz & Berski, 2017), demonstram o SV como uma técnica muito apropriada para o processamento de vegetais *Brassica*, e por isso é importante avaliar o uso do SV de acordo com as características do vegetal a ser processado. Como apontam Chiavaro et. al. (2012) e Iborra-Bernad, García-Segovia & Martínez-Monzó (2015), os diferentes resultados obtidos no conteúdo de fitoquímicos, ácido ascórbico, carotenoides, dentre outros compostos em vegetais processados por SV, variam em função das diferentes estruturas destes vegetais.

Vegetais da espécie *Cruciferous* 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 crucíferos, por serem vegetais ricos em antioxidantes, pode auxiliar na prevenção de doenças como do câncer, cardiovasculares, obesidade, diabetes e hipertensão (Lin & Chang, 2005). Brócolis e couve-flor são exemplos de vegetais ricos em carotenóides, com elevadas quantidades de luteína e b-caroteno (Kaulmann et. al., 2014).

Os glucosinolatos são metabólitos vegetais derivados de aminoácidos que contêm enxofre e uma fração de tioglucose, e que também atuam na prevenção do câncer (Ghawi, Methven & Niranjana, 2013). Estes compostos são produzidos em concentração relativamente alta por plantas da família Brassica, tais como repolho, couve-flor, brócolis e mostarda. De acordo com Ghawi, Methven & Niranjana (2013), para que os glucosinolatos se tornem biologicamente ativos, eles devem ser hidrolisados pela enzima mirosinase, que está presente nos tecidos vegetais e é liberada durante a mastigação, corte ou processamento. Contudo, o processamento tem um efeito adverso sobre a enzima mirosinase, sendo que métodos como a fervura e fritura, podem eliminar boa parte desta enzima (Rosa & Heaney, 1993, Oerlemans et. al., 2006), por isso, cozimentos brandos, podem evitar esta perda.



O folato é outro exemplo, trata-se de um nutriente importante para adultos, especialmente para mulheres grávidas e lactantes (Becker et. al., 2004). No entanto, o folato é um nutriente instável e sua quantidade nos alimentos pode variar em função do processamento ao qual estes compostos forem submetidos; por exemplo, são amplamente perdidos pelo uso de técnicas como o cozimento em imersão ou branqueamento (Stea et. al., 2007), mas o uso de técnicas como o SV pode amenizar sua degradação.

Para além de compostos mais sensíveis aos efeitos do calor, anteriormente citados, o SV também contribui para a preservação das fibras alimentares (Florkiewicz, 2018) e minerais (Rondanelli et. al., 2017; Florkiewicz & Berski, 2017; Renna et. al., 2013; Petersen, 1993), principalmente quando comparado com o cozimento tradicional em imersão.

Apesar de vários relatos positivos na preservação ou aumento do conteúdo de polifenóis, carotenos, atividade antioxidante e vitamina C, em alimentos processados por SV, 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).

Como observado por Silva et. al. (2019), a cocção de abóbora por SV afetou a quantidade de carotenóides, antocianinas e flavonóides nos alimentos de forma negativa, isso deve-se em parte ao tempo de exposição do alimento à luz e ao calor. No entanto, é importante destacar a relevância do estudo da relação tempo e temperatura, pois temperaturas mais amenas e tempos mais curtos, tendem a preservar mais os nutrientes. Gonnella et. al. (2018) não observaram diferenças significativas no conteúdo total de carotenoides de aspargos submetidos a diferentes técnicas de SV (80 °C, 99 °C e micro-ondas - 900W e 2450 MHz).

Outro ponto que merece destaque é o aproveitamento de partes não comerciais e que geralmente são descartadas nos vegetais, como o caule, assim como plantas sub-utilizadas. O estudo de Lafarga et. al. (2018b) demonstrou que estas partes podem ser ricas em antioxidantes e outros nutrientes benéficos. O aproveitamento de



partes comumente descartadas e de plantas negligenciadas, é de suma importância, pode ser uma maneira de reduzir o desperdício e gerar novas alternativas para a promoção de uma alimentação saudável.

Apesar da superioridade da manutenção da qualidade nutricional, por exemplo, pela aplicação do SV, há outros métodos emergentes que apontam resultados promissores. O SV quando comparado com outros métodos, como o cozimento a vapor ou por imersão, reverte em melhores resultados, no entanto, a aplicação de outros processos como o processamento de alta pressão, também apresentaram bons resultados (Araya et. al., 2009).

Apesar de alguns estudos apontarem o sistema SV como vantajoso durante o armazenamento de produtos, alguns estudos demonstram que, durante o armazenamento há perdas de nutrientes em produtos processados pelo SV (Rinaldi et. al., 2013). No entanto, ainda são escassos os estudos que relacionam o efeito do processamento SV em produtos submetidos ao armazenamento, sobre os aspectos nutricionais.

Aspectos Microbiológicos Relacionados ao Processamento por SV

O SV também apresenta efeitos positivos na redução da carga microbiana e na extensão da validade de produtos (Armstrong & McIlveen, 2000). Esta é a principal preocupação no tratamento com o SV, devido ao emprego de temperaturas inferiores a 100 °C. Apesar disso, como demonstrado pelos resultados dos estudos constantes na Tabela 2, o SV tem sido aplicado com êxito na redução de micro-organismos, inclusive durante o armazenamento.

Tabela 2 – Parâmetros Microbiológicos Usando o Sous-vide.

Tipo de Vegetal	Tipo de Sous-vide	Parâmetros do Processo	Micro-organismos	Log de Redução	Referência
------------------------	--------------------------	-------------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------



Cenoura s e couves de bruxelas	Banho maria	20 min em forno de ar / vapor sob vapor a 100 °C	<i>Bactérias aeróbicas e anaeróbicas</i>	<1 log UFC g ⁻¹	Rinaldi (2013)
Brócolis, abobrin ha, batata e cenoura	Banho maria	100 °C por 15–20 minutos para as amostras de vegetais, respectivame nte, exceto a abobrinha, que foi aquecida por 5 minutos na mesma temperatura que outros produtos vegetais	<i>Staphylococcusa ureus, Escherichia coli, Salmonella spp., Listeria monocytogenes e Clostridium perfringens</i>	Não detectado	Sebastiá et. al. (2010)
Chicória	Micro- ondas	900W, 2450 MHz por 60, 90 e 120 s.	<i>Listeria monocytogenes e Escherichia coli</i>	>5 log UFC g ⁻¹	Renna et. al. (2017)
Brócolis híbrido Kailan	Banho Maria e Micro- ondas	90 °C por 15 min 2,5 min a 900 W	Bactérias mesofílicas, bactérias psicrofílicas, enterobactérias,	BM: 0,4; 0,7 e 0,2 log UFC g ⁻¹ , respectivam ente MO: Não detectado;	Martínez- Hernández et. al. (2013a)



1,1 e 0,2 log
ufc g⁻¹,
respectivam
ente

Brócolis híbrido Kailan	Banho Maria e Micro-ondas	90 °C por 15 min a 900 W	Bactérias mesofílicas	7 log UFC g ⁻¹ após 45 dias de armazenam ento	Martínez-Hernández et. al. (2013b)
Brotos de soja	Banho Maria	97 °C por 11,7 min	Bactérias mesofílicas	Não detectado	Kim et. al. (2008)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Comumente, os produtos elaborados no SV não são combinados com conservantes ou barreiras intrínsecas como pH, Aw (atividade de água) ou NaCl (cloreto de sódio), que de forma isolada ou em combinação, poderiam inibir o crescimento de patógenos (Hyytiä-Trees et. al., 2000). Os patógenos podem permanecer em produtos levemente processados, por isso, a qualidade das matérias primas, assim como os procedimentos de higienização e barreiras aplicadas são fatores importantes para garantir a segurança do alimento (Stringer & Metris, 2018).

Como observam Sebastião et. al. (2010), os valores elevados de contagem de placas aeróbicas obtidas em alguns vegetais processados no SV como o brócolis, está associado à relação superfície-volume, onde a presença de bolsas hidrofóbicas, criam micro habitats isolados, que não são alcançados no processo de higienização.

É importante destacar que, a qualidade microbiológica dos produtos processados por meio do SV, está associada a carga inicial de microrganismos do produto, assim, um sistema de rastreabilidade pode ser útil para garantir a segurança alimentar de produtos (Sebastião et. al., 2010). Paralelamente a origem, não se pode menosprezar a importância de procedimentos pré-preparo adotados no processamento de vegetais, desde a higienização até a aplicação de técnicas como o



branqueamento, antes de proceder ao SV. O tipo de vácuo aplicado, o corte aplicado ao vegetal, a refrigeração, etc., são fatores relevantes.

A segurança microbiológica é uma grande preocupação em torno do uso do SV. Patógenos como o *Clostridium botulinum* são uma grande preocupação no preparo com o SV, por conta da combinação entre tratamentos térmicos leves e a combinação com a embalagem à vácuo, que aumentam o potencial de botulismo (Hyytiä-Trees et. al., 2000).

O *C. botulinum* é capaz de sobreviver a procedimentos de pasteurização e germinam a temperaturas abaixo de 3 °C (Stringer & Metris, 2018). Para a ECFF (2006), são necessários tratamentos térmicos equivalentes a 90 °C por 10 minutos, os quais são necessários para obter redução de 6 log do grupo II *C. botulinum*, enquanto que, a uma temperatura de 80 °C, são necessários 274 min.

É bom ressaltar que, patógenos como a *Listeria monocytogenes*, *Escherichia colienterotoxigênica* e *Bacillus cereus* esporádicos, que se desenvolvem a baixas temperaturas, podem se desenvolver durante o armazenamento a frio, se permanecerem viáveis durante a produção, por isso demandam atenção especial (Yıkmiş et. al., 2018).

L. monocytogenes é geralmente considerado o mais resistente ao calor. Para este patógeno, a ECFF (2006) recomenda diferentes temperaturas em função do tempo para obter uma redução de 6 log de *L. monocytogenes*. Por exemplo, num processo à 60 °C recomenda-se um tempo mínimo em torno de 44 min, enquanto que para 80 °C, recomenda-se 1,2 seg.

Como destacam Hyytiä-Trees et. al. (2000), a segurança do *C. botulinum* não proteolítico deve ser avaliado de forma específica para cada produto processado por SV. Por mais que se aumente a temperatura do processamento, isso, além de ir contra um dos princípios do SV, também causa alterações sensoriais e nutricionais (Hyytiä-Trees et. al., 2000).

Stringer & Metris (2018) recomendam o consumo de alimentos processados no SV logo após o preparo, mas no caso do armazenamento, recomendam um prazo



menor ou igual a 10 dias, com um preparo a 70 °C por 2 min ou equivalente, visando obter redução de 6 log do patógeno vegetativo mais resistente ao calor, a *L. monocytogenes*. Para produtos com prazo maior que 10 dias, recomenda-se tratamento térmico acima de 90 °C por 10 min, para obter um alimento seguro. Já para produtos com prazo de validade acima de 10 dias, um tratamento térmico superior a 90 °C por 10 min é importante para obter redução de 6 log de esporos do grupo II (não proteolítico) de *C. botulinum* (Stringer & Metris, 2018). Apesar de o SV permitir o uso de temperaturas inferiores à 70 °C, isso não é recomendável, por conta desta ser considerada uma zona de perigo para alimentos (Stringer & Metris, 2018).

Como observado no estudo de Stringer et. al. (2012), diferentes grupos alimentares requerem diferentes tratamentos térmicos para produzir as alterações desejadas no SV. Peixes e frutos do mar, geralmente aceitam uma temperatura média de 55 °C, enquanto que vegetais giram em torno de 85 °C (Stringer et. al., 2012).

É importante apontar que, o SV está sujeito a contaminação microbiana, por meio da formação de esporos e bactérias anaeróbicas, pois apesar de eliminar formas vegetativas de micro-organismos, é inadequado para eliminar esporos bacterianos (Kim et. al., 2008). Além disso, a atmosfera de baixa concentração de oxigênio que a técnica proporciona, tem potencial para o crescimento de anaeróbios obrigatórios e facultativos.

A segurança de produtos SV é dependente do tratamento térmico aplicado e do posterior armazenamento, mas sabe-se que a manutenção das temperaturas ao longo da cadeia de distribuição é um desafio (Kim et. al., 2008). O armazenamento abaixo de 3,3 °C, deveria ser adotado como padrão para produtos SV, contudo, o controle da temperatura na cadeia de distribuição é geralmente inadequado, sendo difícil que esta se mantenha constante (Daniels, 1991; Kalish, 1991).

Como apontam Monteiro et. al. (2014), para a manutenção da temperatura ao longo das etapas de preparo de alimentos e distribuição, são necessários dois fatores: a presença de equipamentos adequados e mecanismos de controles eficazes da temperatura. Diversos estudos já demonstraram o quão frágil é o sistema de distribuição de alimentos em estabelecimentos como restaurantes (Monteiro et. al.,



2014; Barbieri, Esteves & Matoso, 2011; Chesca et. al., 2001). Deve-se ressaltar que a qualidade microbiológica com o SV requer um bom controle e monitoramento de parâmetros críticos durante todo o processo de fabricação e distribuição (Betts & Gaze, 1995).

Como demonstram os estudos de Kim et. al. (2008), Martínez-Hernández et al. (2013) e Rizzo et. al. (2018), há uma tendência de crescimento de bactérias em produtos SV ao longo do tempo de armazenamento, no entanto, este crescimento ocorre de forma lenta e dentro de padrões seguros, mas cabe ressaltar que nem em todos os casos ocorre tal padrão. Uma estratégia para reduzir o risco de contaminações ao longo do armazenamento está na adição de obstáculos como biopreservativos, bactericinas ou conservantes, mas esta estratégia deve ser avaliada em conjunto com o tratamento térmico aplicado (Penna, Moraes & Fajardo, 2002; Hyytiä-Trees et. al., 2000). O óleo de alecrim, por exemplo, tem eficácia antibacteriano e antifúngico (Jiang et. al., 2011), sendo uma alternativa tecnológica para melhores padrões microbiológicos em produtos obtidos por SV.

Há estudos demonstrando as vantagens obtidas com a adição de especiarias nos produtos SV, como por exemplo, o aumento do prazo de validade (Bolat et. al., 2019; Martínez-Hernández et. al., 2013), contudo, deve-se ponderar entre os efeitos sensoriais e o prolongamento da vida útil, tendo em vista que nem sempre os aspectos sensoriais se mantêm atrativos. Kim et. al. (2008) demonstraram que a adição de conservantes como a nisina são relevantes para o controle microbiológico durante o armazenamento de produtos SV.

Ao utilizar o SV, deve-se ponderar entre as características sensoriais e nutricionais que se pretende obter, aliado ao alimento seguro, levando-se em consideração o tempo de armazenamento (Stringer & Metris, 2018). Há estudos demonstrando que o risco de recontaminação após o cozimento e durante o armazenamento por SV é viável (Rinaldi et al., 2013; Renna et al., 2014). A combinação do processamento térmico com o armazenamento refrigerado posterior, pode impedir o crescimento de patógenos mesofílicos (Stringer & Metris, 2018).



Neste estudo, foram sistematizados apenas casos que analisavam estritamente alimentos de origem vegetal, contudo, também deve-se lembrar que o SV pode ser aplicado em preparações mistas, contendo tanto alimentos de origem vegetal, quanto animal. Hyytiä-Trees et. al. (2000), por exemplo, avaliando arroz, legumes, carne de porco e frutos do mar submetidos no SV, observaram que a técnica foi ineficaz para inativar esporos de *C. botulinum* não proteolítico, o que demonstra que a segurança microbiológica deve ser cuidadosamente avaliada produto por produto. Mas outros estudos como o de Kim et. al. (2008), demonstraram bons resultados sensoriais, físico-químicas e microbiológicos em preparações mistas, e neste caso com o "galbi-jjim", preparação tradicional coreana a base de costela bovina e legumes. É importante destacar os diferentes cuidados e a complexidade de se monitorar as características de produções culinárias feitas no SV, que incluem diferentes produtos (Stankov et. al., 2020).

Os estudos cinéticos sobre o uso do SV são elementares, pois são construídos avaliando o número de células microbianas, combinando condições ambientais para descrever o crescimento e morte de organismos relacionados as condições estabelecidas (Stringer & Metris, 2018). Estudos sobre a resistência ao calor de patógenos em processos térmicos de baixa temperatura como o SV, ainda são necessários, para prever o comportamento destes em temperaturas amenas.

Outro ponto que demanda estudos, é o uso do SV em produtos fermentados ou em semiconservas, pois no caso destes alimentos já há uma carga microbiana que inibe o desenvolvimento de outros micro-organismos e, o SV devido à baixa temperatura não destrói a flora microbiana desejada. Desta forma, ao que parece, o SV poderia ser um meio para o desenvolvimento de tais produtos, contudo demanda-se estudos sobre.

Aspectos Sensoriais Relacionados ao Processamento por SV

Os aspectos sensoriais, assim como os aspectos nutricionais, são outro conjunto de atributos muito valorizados pelo consumidor e, que apresentam bons resultados nos vegetais processados no SV. Atributos sensoriais como cor, textura, odor,



consistência, sabor, dentre outros, já foram avaliados por diversos estudos em vegetais processados por SV, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Influência do processamento Sous-Vide em Atributos Sensoriais de Vegetais.

Tipo de Vegetal	Tipos de Sous- vide	Parâmetros do Processo	Atributos Melhorados	Referência
Cenoura	Banho Maria	78 a 92 °C / 22 a 78 min	Cenouras mais saborosas, textura macias e homogêneas	Iborra-Bernad et. al. (2014)
Cenoura	Banho Maria	90 °C, 5 min	Mais sabor, doçura, textura crocante, aumento da coloração característica, aumento do brilho e da umidade da superfície.	Araya et. al. (2009)
Couve- flor, brócolis e couve de Bruxelas	Banho Maria	90 °C por cerca de 45 a 50 minutos	Qualidade sensorial mais alta, especialmente textura, coloração	Florkiewicz, Baczkowicz & Pietrzyk (2018)
Brócolis	Banho Maria	70 °C, 12 min, 100 °C, 7 min	O cozimento em baixa temperatura proporcionou uma	Ghawi et. al. (2014)



textura dura e pegajosa, causando rejeição dos consumidos. A adição de mostarda causou sensação de queimação, pungência, odor e sabor característicos.

Aspargos	Banho Maria e Micro-ondas	99.0 ± 1.0 °C por 5 min; 80,0 ± 1,0 °C por 15 min, 1.5 min 900W and 2450 MHz.	O SV e o SV-microondas melhoraram a cor e a textura	Gonnella et. al.(2018)
Brócolis, feijão verde, alcachofra e cenoura	Banho Maria	Alcachofras: 90 °C / 35, 45 e 55 min; cenouras: 90 °C / 3 min + 85 °C / 11, 22 e 33 min; feijão verde: 100 °C / 1 min + 90 °C / 25, 30 e 35 min; brócolis: 90 °C / 3 min + 85 °C / 17, 20 e 23 min.	Melhoria da coloração e da textura	Guillén et. al. (2017)
Cenoura e ervilha verde	Banho Maria	Ervilhas verdes 60 a 90 °C / 50–100 min, cenouras 90–150 min	Cenouras e ervilhas tiveram uma boa aceitação da cor, sabor, aroma e textura	Koç et. al. (2017)



			entre 75–80 °C, acima desta faixa houve degradação da cor e textura e abaixo a textura ficou dura e com sensação de cru.	
Brócolis	Banho Maria	100 °C – 40 min	Maior intensidade do sabor, manutenção da cor e maior aceitabilidade, quando comparado à técnica do preparo em vapor.	Petersen (1993)
Chicória	Banho Maria e Micro- ondas	Vegetal inserido em uma panela de vidro de 2 L contendo água quente 95 ± 1 °C cozidas em um forno de micro- ondas doméstico a 900–1000W por 4min	Coloração atrativa, bom odor, boa textura e melhor sabor	Renna et. al. (2013)
Brócolis híbrido Kailan	Banho Maria e Micro- ondas	90 °C por 15 min 2,5 min a 900 W	Suculência agradável. Boa coloração e aceitação geral, especialmente no tratamento com micro-ondas	Martínez- Hernández et. al. (2013a)



Brócolis	Banho	90 °C por 15 min	Boa aceitação em	Martínez-
híbrido	Maria e	2,5 min a 900 W	aspectos como cor,	Hernández et
Kailan	Micro- ondas		odor, fibrosidade e aceitação geral	al. (2013b)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Antes de apresentar os aspectos e características sensoriais obtidos por meio do SV, como demonstrado na Tabela 3, é importante destacar que os bons resultados obtidos, também se relacionam com aspectos promissores do ponto de vista da relação tempo e temperatura, ou seja, além de garantir bons parâmetros sensoriais, o SV reduz a carga microbiana de forma muito satisfatória.

A firmeza é um fator importante para os consumidores, dentro os aspectos avaliados de um vegetal adequadamente cozido (Iborra-Bernad et. al., 2014). Como observaram Alcusón, Remón & Salvador (2017), o tratamento SV, combinado com outros tratamentos, como o micro-ondas, pode proporcionar produtos com boas características sensoriais, por exemplo, reduzindo a dureza de um produto SV, por meio do subsequente aquecimento por micro-ondas. Aliás, alguns autores, como Gonnella et. al. (2018), apontam que o SV aplicado em micro-ondas é mais benéfico na preservação de características nutricionais e sensoriais, do que a técnica em banho maria.

Uma das grandes vantagens sensoriais é a manutenção da cor dos vegetais, pois o SV preserva muito bem a clorofila (Alcusón, Remón & Salvador, 2017; Guillén et. al., 2017; Koç et. al., 2017). Como observado por Guillén et. al. (2017), a temperatura tem forte influência sobre a coloração de vegetais preparados no SV, pois aqueles preparados em temperaturas abaixo de 100 °C, preservam melhor sua coloração, por conta da menor degradação de componentes que conferem cor, tais como a clorofila, carotenoides, etc. Outra vantagem do SV, é que temperaturas mais



baixas proporcionam maior retenção de sabor de produtos frescos, menor produção de acrilamida⁸ e boa retenção da coloração (Iborra-Bernad et. al., 2014).

O período de armazenamento e a manutenção dos parâmetros de qualidade é outro aspecto importante no uso do SV, tendo em vista que há uma diminuição dos aspectos sensoriais em função do tempo de armazenamento. Araya et. al. (2009) observaram que, durante o armazenamento à 4 °C, cenouras processadas em SV perdem a suculência, além de aumentarem sua dureza. Durante a estocagem, os produtos SV apresentam diversas perdas no conteúdo sensoriais e nutricionais (Florkiewicz, 2018), mas observa-se que estas alterações são maiores em função do tempo, assim, de modo geral, os vegetais em serviços de bufê e alimentação, como não são armazenados por mais de 5 dias (Alcusón, Remón & Salvador, 2017; Rinaldi et. al., 2013) é possível preparar no SV para consumo curto, sem grandes perdas.

Apesar de haverem estudos apresentando bons resultados sensoriais no uso do SV, como destacado na Tabela 3, há estudos com resultados negativos, como o de Silva et. al. (2019), com a abóbora (*Cucurbita moschata cv. Leite*). Comparando o processamento SV com processos como ebulição, vapor e micro-ondas, os autores observaram uma aceitação menor das abóboras processadas no SV. Ghawi et. al. (2014), em um estudo com o brócolis e a adição de mostarda, também observaram com a análise sensorial uma rejeição da coloração e do gosto. Os efeitos sensoriais da adição de condimentos e especiarias ao preparo do SV, ainda são escassos e demandam mais pesquisas.

4. CONCLUSÕES

O SV 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

⁸ A acrilamida é conhecida por causar dos seus impactos na saúde, inclusive sua contribuição para quadros cancerígenos. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/os-perigos-da-acrilamida-em-alimentos-aquecidos/>. Acesso em: 14 jun. 2020.



apresenta diversos benefícios, principalmente quando comparado a métodos mais agressivos, como a cozedura de vegetais por imersão.

O SV 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 SV 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 SV pode ser uma maneira de promover o consumo de vegetais, visto a melhoria de aspectos sensoriais promovidos por esta técnica.

Deve-se ponderar que, como qualquer tecnologia destinada ao preparo de alimentos, o SV tem suas vantagens e limitações. 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 ou de especiarias, a combinação com outros métodos de cocção, como o micro-ondas, 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 SV.

Os próximos estudos devem visar a melhoria dos aspectos microbiológicos em especial, pois como visto neste estudo, as pesquisas demonstram a eficiência do SV em aspectos nutricionais e sensoriais, no entanto, ainda há lacunas sobre a eliminação de patógenos por meio desta técnica, especialmente para produtos destinados ao armazenamento por um período mais prolongado.



O SV prioriza o uso, especialmente para dietas ricas em nutrientes, parece ser uma boa estratégia para ser aplicada em determinados tipos de vegetais, visando a retenção de aspectos nutricionais. Aliado a isso, estudos *in vitro* ou *in vivo*, que demonstrem os efeitos na saúde, após a ingestão de vegetais processados no SV são necessários, visto a escassez deste tipo de estudo.

Também é importante destacar a relevância de estudos com produtos de origem orgânica, visto o baixo número de estudos com estes tipos de produtos. Está claro que, estudos adicionais são demandados para buscar maneiras de otimizar a metodologia do SV, em busca de reduzir seus custos e torná-la aplicável industrialmente. Além disso, outro desafio para a pesquisa sobre o SV é comparar produtos obtidos por diferentes métodos de cozimento, mas que possuam um grau equivalente de cozimento. Apesar do SV 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.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Amoroso, L., Rizzo, V., & Muratore, G. (2019). Nutritional values of potato slices added with rosemary essential oil cooked in sous vide bags. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 15, 1-5.

Araya, X. I. T., Smale, N., Zabaras, D., Winley, E., Forde, C., Stewart, C. M., & Mawson, A. J. (2009). Sensory perception and quality attributes of high pressure processed carrots in comparison to raw, sous-vide and cooked carrots. *Innovative food science & emerging technologies*, 10(4), 420-433.

Armstrong, G. A., & McIlveen, H. (2000). Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11(5), 377-385.



- Ayub, H., & Ahmad, A. (2019). Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. *International journal of gastronomy and food science*, 17, 100145.
- Baardseth, P., Bjerke, F., Martinsen, B. K., & Skrede, G. (2010). Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. *napobrassica*) processed by methods used in catering. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1245-1255.
- Bakker, M. F., Peeters, P. H., Klaasen, V. M., Bueno-de-Mesquita, H. B., Jansen, E. H., Ros, M. M., ... & Rinaldi, S. (2016). Plasma carotenoids, vitamin C, tocopherols, and retinol and the risk of breast cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition cohort, 2. *The American journal of clinical nutrition*, 103(2), 454-464.
- Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30.
- Barbieri, R. R., Esteves, A. C., & Matoso, R. (2011). Monitoramento da temperatura de preparações quentes e frias em uma unidade de alimentação e nutrição. *Hig. aliment*, 40-45.
- Becker, W., Lyhne, N., Pedersen, A. N., Aro, A., Fogelholm, M., Phorsdottir, I., ... & Pedersen, J. I. (2004). Nordic Nutrition Recommendations 2004-integrating nutrition and physical activity. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 48(4), 178-187.
- Berger, M., Küchler, T., Maaßen, A., Busch-Stockfisch, M., & Steinhart, H. (2007). Correlations of ingredients with sensory attributes in green beans and peas under different storage conditions. *Food chemistry*, 103(3), 875-884.
- Betts, G. D., & Gaze, J. E. (1995). Growth and heat resistance of psychrotrophic *Clostridium botulinum* in relation to 'sous vide' products. *Food control*, 6(1), 57-63.
- Bolat, Y., Genç, İ. Y., Tunca, Y., & Demirayak, M. (2019). Effect of laurel (*Laurus nobilis*) and curcuma (*Curcuma longa*) on microbiological, chemical and sensory



changes in vacuum packed sous-vide european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) under chilled conditions. *Food Science and Technology*, 39, 159-165.

Bongoni, R., Verkerk, R., Steenbekkers, B., Dekker, M., & Stieger, M. (2014). Evaluation of different cooking conditions on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to improve the nutritional value and consumer acceptance. *Plant foods for human nutrition*, 69(3), 228-234.

Cabezas-Serrano, A. B., Amodio, M. L., Cornacchia, R., Rinaldi, R., & Colelli, G. (2009). Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biology and technology*, 53(3), 138-144.

Carlin, F. (2014). Microbiology of Sous vide Products. In. Encyclopedia of Food Microbiology. Eds. CA Batt & ML Tortorello. Elsevier, London, UK, pp. 621–626.

Cartea, M. E., Francisco, M., Soengas, P., & Velasco, P. (2011). Phenolic compounds in Brassica vegetables. *Molecules*, 16(1), 251-280.

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

Chesca, A. C., Caetano, A. M., Leite, A. P. C., Polveiro, A. M., Terra, A. D., Lyra, F. S. D., ... & Okura, M. H. (2001). Avaliação das temperaturas de pistas frias e pistas quentes em restaurantes da cidade de Uberaba, MG. *Hig. aliment*, 38-43.

Chiavaro, E., Mazzeo, T., Visconti, A., Manzi, C., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2012). Nutritional quality of sous vide cooked carrots and Brussels sprouts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(23), 6019-6025.

Damiani, T. F., Pereira, L. P., & Ferreira, M. G. (2017). Consumo de frutas, legumes e verduras na Região Centro-Oeste do Brasil: prevalência e fatores associados. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22, 369-382.

Daniels, R. W. (1991). Applying HACCP to new-generation refrigerated foods at retail and beyond. *Food technology (Chicago)*, 45(6).



Deng, Q., Zinoviadou, K. G., Galanakis, C. M., Orlien, V., Grimi, N., Vorobiev, E., ... & Barba, F. J. (2015). The effects of conventional and non-conventional processing on glucosinolates and its derived forms, isothiocyanates: extraction, degradation, and applications. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 357-381.

Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M. D., & Bañón, S. (2008). Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80(2), 287-292.

European Chilled Food Federation (ECFF), 2006. *Recommendations for the production of prepackaged chilled foods*. (http://www.ecff.net/images/ECFF_Recommendations_2nd_ed_18_12_06.pdf).

Fabbri, A. D., & Crosby, G. A. (2016). 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.

Fanasca, S., Roupheal, Y., Venneria, E., Azzini, E., Durazzo, A., & Maiani, G. (2009). Antioxidant properties of raw and cooked spears of green asparagus cultivars. *International journal of food science & technology*, 44(5), 1017-1023.

Florkiewicz, A. (2018). Metoda sous-vide jako alternatywa dla tradycyjnych metod gotowania warzyw kapustnych w kontekście ograniczania strat zawartości składników odżywczych i błonnika pokarmowego. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 25(3).

Florkiewicz, A., Socha, R., Filipiak-Florkiewicz, A., & Topolska, K. (2019). 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*, 99(1), 173-182.

Francisco, M., Velasco, P., Moreno, D. A., García-Viguera, C., & Cartea, M. E. (2010). Cooking methods of Brassica rapa affect the preservation of glucosinolates, phenolics and vitamin C. *Food Research International*, 43(5), 1455-1463.

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Plageder.



Ghawi, S. K., Methven, L., & Niranjana, K. (2013). The potential to intensify sulforaphane formation in cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) using mustard seeds (*Sinapis alba*). *Food chemistry*, *138*(2-3), 1734-1741.

Ghawi, S. K., Shen, Y., Niranjana, K., & Methven, L. (2014). Consumer acceptability and sensory profile of cooked broccoli with mustard seeds added to improve chemoprotective properties. *Journal of food science*, *79*(9), S1756-S1762.

Gonnella, M., Durante, M., Caretto, S., D'Imperio, M., & Renna, M. (2018). Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and sous-vide cooking methods. *LWT*, *92*, 161-168.

Guillén, S., Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. (2017). Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food chemistry*, *217*, 209-216.

Hollman, P. C. H., & Arts, I. C. W. (2000). Flavonols, flavones and flavanols—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(7), 1081-1093.

Hong, Y. K., Uhm, J. T., & Yoon, W. B. (2014). Using numerical analysis to develop and evaluate the method of high temperature Sous-Vide to soften carrot texture in different-sized packages. *Journal of food science*, *79*(4), E546-E561.

Hyytiä-Trees, E., Skyttä, E., Morkkila, M., Kinnunen, A., Lindström, M., Lähteenmäki, L., ... & Korkeala, H. (2000). Safety evaluation of sous vide-processed products with respect to nonproteolytic *Clostridium botulinum* by use of challenge studies and predictive microbiological models. *Applied and Environmental Microbiology*, *66*(1), 223-229.

Iborra-Bernad, C., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2015). Physico-Chemical and Structural Characteristics of Vegetables Cooked Under Sous-Vide, Cook-Vide, and Conventional Boiling. *Journal of food science*, *80*(8), E1725-E1734.



- Iborra-Bernad, C., Tárrega, A., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2014). Comparison of vacuum treatments and traditional cooking using instrumental and sensory analysis. *Food analytical methods*, *7*(2), 400-408.
- Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y. J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C. J., ... & Liu, X. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. *Environmental toxicology and pharmacology*, *32*(1), 63-68.
- Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M. M. M. A., & Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, *74*(3), H97-H103.
- Kalish, F. (1991). Extending the HACCP concept to product distribution. *Food technology (Chicago)*, *45*(6), 119-120.
- Kato, H. C. A., Lourenço, L. F. H., Araújo, E. A. F., Sousa, C. L., Joele, M. R. S., & Ribeiro, S. C. A. (2016). Change in physical and chemical characteristics related to the binomial time-temperature used in sous pasteurization see Tambaqui (*Collossoma macropomum*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *68*(1), 224-232.
- Kaulmann, A., Jonville, M. C., Schneider, Y. J., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2014). 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.
- Khurana, S., Venkataraman, K., Hollingsworth, A., Piche, M., & Tai, T. C. (2013). Polyphenols: benefits to the cardiovascular system in health and in aging. *Nutrients*, *5*(10), 3779-3827.
- Kilibarda, N., Brdar, I., Baltić, B., Marković, V., Mahmutović, H., Karabasil, N., & Stanišić, S. (2018). The safety and quality of sous vide food. *Meat Technology*, *59*(1), 38-45.
- Kim, H. J., Lee, N. K., Lee, D. S., Hong, W., Lee, S. R., Kim, C. J., & Paik, H. D. (2008). Improvement of microbiological safety of sous vide processed soybean



sprouts: Nisin and Bacillus cereus challenge. *Food Science and Biotechnology*, 17(1), 166-171.

Koç, M., Baysan, U., Devseren, E., Okut, D., Atak, Z., Karataş, H., & Kaymak-Ertekin, F. (2017). Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. *Innovative food science & emerging technologies*, 42, 109-119.

Kosewski, G., Górna, I., Bolesławska, I., Kowalówka, M., Więckowska, B., Główska, A. K., ... & Przysławski, J. (2018). Comparison of antioxidative properties of raw vegetables and thermally processed ones using the conventional and sous-vide methods. *Food chemistry*, 240, 1092-1096.

Lafarga, T., Bobo, G., Viñas, I., Collazo, C., & Aguiló-Aguayo, I. (2018a). 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.

Lafarga, T., Viñas, I., Bobo, G., Simó, J., & Aguiló-Aguayo, I. (2018b). 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.

Lešková, E., Kubíková, J., Kováčiková, E., Košická, M., Porubská, J., & Holčíková, K. (2006). Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and analysis*, 19(4), 252-276.

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.

Lorkiewicz, A., & Berski, W. (2017). 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.

Martínez-Hernández, G. B., Artés-Hernández, F., Colares-Souza, F., Gómez, P. A., García-Gómez, P., & Artés, F. (2013a). Innovative cooking techniques for improving



the overall quality of a kailan-hybrid broccoli. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), 2135-2149.

Martínez-Hernández, G. B., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A., & Artés, F. (2013b). Quality changes after vacuum-based and conventional industrial cooking of kailan-hybrid broccoli throughout retail cold storage. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 707-714.

Mirzaei, A., Delaviz, H., & Mohammadi, H. (2014). The effects of cooking methods on antioxidant activity and phenol content in vegetables. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(7), 242-252.

Monteiro, M. A. M., de Cássia Ribeiro, R., Fernandes, B. D. A., de Rosa Sousa, J. F., & Santos, L. M. (2014). Controle das temperaturas de armazenamento e de distribuição de alimentos em restaurantes comerciais de uma instituição pública de ensino. *Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde*, 9(1), 99-106.

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

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). (2003). *Doenças crônico-degenerativas e obesidade: estratégia mundial sobre alimentação saudável, atividade física e saúde*. Brasília: OPAS, OMS.

Paik, H. D., Kim, H. J., Nam, K. J., Kim, C. J., Lee, S. E., & Lee, D. S. (2006). Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef. *Food Control*, 17(12), 994-1000.

Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2.

Patras, A., Brunton, N. P., & Butler, F. (2010). Effect of water immersion and sous-vide processing on antioxidant activity, phenolic, carotenoid content and color of carrot disks. *Journal of food processing and preservation*, 34(6), 1009-1023.

Patras, A., Tiwari, B. K., & Brunton, N. P. (2011). 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.

Pellegrini, N., Chiavaro, E., Gardana, C., Mazzeo, T., Contino, D., Gallo, M., ... & Porrini, M. (2010). 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.

Penna, T. C. V., Moraes, D. A., & Fajardo, D. N. (2002). The effect of nisin on growth kinetics from activated *Bacillus cereus* spores in cooked rice and in milk. *Journal of food protection*, 65(2), 419-422.

Perla, V., Holm, D. G., & Jayanty, S. S. (2012). Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT-Food Science and Technology*, 45(2), 161-171.

Petersen, M. A. (1993). Influence of sous vide processing, steaming and boiling on vitamin retention and sensory quality in broccoli florets. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 197(4), 375-380.

Pfendt, L. B., Vukašinović, V. L., Blagojević, N. Z., & Radojević, M. P. (2003). Second order derivative spectrophotometric method for determination of vitamin C content in fruits, vegetables and fruit juices. *European Food Research and Technology*, 217(3), 269-272.

Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 1-11.

Puupponen-Pimiä, R., Häkkinen, S. T., Aarni, M., Suortti, T., Lampi, A. M., Eurola, M., ... & Oksman-Caldentey, K. M. (2003). 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.

Reis, L. C. R.dos, de Oliveira, V. R., Hagen, M. E. K., Jablonski, A., Flôres, S. H., & de Oliveira Rios, A. (2015). Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica*



oleracea var. Alpha F1) grown in an organic system. *Food Chemistry*, 172, 770-777.

Renna, M., Gonnella, M., de Candia, S., Serio, F., & Baruzzi, F. (2017). Efficacy of combined sous vide-microwave cooking for foodborne pathogen inactivation in ready-to-eat chicory stems. *Journal of food science*, 82(7), 1664-1671.

Renna, M., Gonnella, M., Giannino, D., & Santamaria, P. (2014). 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*, 94(4), 656-665.

Reyner, A. C., Xie, G., Church, I. J., & Sheard, M. A. (1998). Comparison of textural changes in carrots prepared using sous vide and cookchill methods. *Culinary Arts and Sciences*, 431-439.

Rickman, J. C., Barrett, D. M., & Bruhn, C. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 930-944.

Rinaldi, M., Dall'Asta, C., Meli, F., Morini, E., Pellegrini, N., Gatti, M., & Chiavaro, E. (2013). Physicochemical and microbiological quality of sous-vide-processed carrots and brussels sprouts. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 3076-3087.

Rizzo, V., Amoroso, L., Licciardello, F., Mazzaglia, A., Muratore, G., Restuccia, C., ... & Mauromicale, G. (2018). The effect of sous vide packaging with rosemary essential oil on storage quality of fresh-cut potato. *Lwt*, 94, 111-118.

Rodgers, S. (2016). Minimally processed functional foods: technological and operational pathways. *Journal of food science*, 81(10), R2309-R2319.

Rondanelli, M., Daglia, M., Meneghini, S., Di Lorenzo, A., Peroni, G., Faliva, M. A., & Perna, S. (2017). Nutritional advantages of sous-vide cooking compared to boiling on cereals and legumes: Determination of ashes and metals content in ready-to-eat products. *Food science & nutrition*, 5(3), 827-833.



- Ruiz, J., Calvarro, J., Sánchez del Pulgar, J., & Roldán, M. (2013). Science and technology for new culinary techniques. *Journal of Culinary Science & Technology*, 11(1), 66-79.
- Saikia, S., & Mahanta, C. L. (2013). 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.
- Schellekens, M. (1996). New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science & Technology*, 7(8), 256-262.
- Sebastiá, C., Soriano, J. M., Iranzo, M., & Rico, H. (2010). Microbiological quality of sous vide cook–chill preserved food at different shelf life. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(6), 964-974.
- Segovia, F. J., Luengo, E., Corral-Pérez, J. J., Raso, J., & Almajano, M. P. (2015). Improvements in the aqueous extraction of polyphenols from borage (*Borago officinalis* L.) leaves by pulsed electric fields: Pulsed electric fields (PEF) applications. *Industrial Crops and Products*, 65, 390-396.
- Seong, G. U., Hwang, I. W., & Chung, S. K. (2016). Antioxidant capacities and polyphenolics of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *Pekinensis*) leaves. *Food Chemistry*, 199, 612-618.
- Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*, 44(3), 158-163.
- Silva, M. D. F. G. D., Sousa, P. H. M. D., Figueiredo, R. W., Gouveia, S. T., & Lima, J. S. S. (2019). Cooking effects on bioactive compounds and sensory acceptability in pumpkin (*Cucurbita moschata* cv. Leite). *Revista Ciência Agronômica*, 50(3), 394-401.
- Silva, F. M. de A., Smith-Menezes, A., & da Silva Duarte, M. D. F. (2016). Consumo de frutas e vegetais associado a outros comportamentos de risco em adolescentes no Nordeste do Brasil. *Revista Paulista de Pediatria*, 34(3), 309-315.



- Stankov, S., Fidan, H., Rusev, R., & Baeva, M. (2020). Low-temperature cooking method" sous vide" in the restaurant industry: A review. *Food Science and Applied Biotechnology*, 3(1), 92-102.
- Stea, T. H., Johansson, M., Jägerstad, M., & Frølich, W. (2007). 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.
- Stringer, S. C., & Metris, A. (2018). Predicting bacterial behaviour in sous vide food. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 13, 117-128.
- Stringer, S. C., Fernandes, M. A., & Metris, A. (2012). Safety of sous-vide foods: Feasibility of extending combase to describe the growth/survival/death response of bacterial foodborne pathogens between 40C and 60C. *Final report on FSA project FS102028*.
- Tomás-Barberán, F. A., Selma, M. V., & Espín, J. C. (2016). Interactions of gut microbiota with dietary polyphenols and consequences to human health. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 19(6), 471-476.
- Upadhyay, R., Sehwal, S., & Singh, S. P. (2016). Antioxidant activity and polyphenol content of Brassica oleracea varieties. *International Journal of Vegetable Science*, 22(4), 353-363.
- Veda, S., Platel, K., & Srinivasan, K. (2010). Enhanced bioaccessibility of β -carotene from yellow-orange vegetables and green leafy vegetables by domestic heat processing. *International journal of food science & technology*, 45(10), 2201-2207.
- Verbeyst, L., Bogaerts, R., Van der Plancken, I., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2013). Modelling of vitamin C degradation during thermal and high-pressure treatments of red fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 1015-1023.
- Wachtel-Galor, S., Wong, K. W., & Benzie, I. F. (2008). The effect of cooking on Brassica vegetables. *Food chemistry*, 110(3), 706-710.



Wagner, A. E., Terschluesen, A. M., & Rimbach, G. (2013). Health promoting effects of brassica-derived phytochemicals: from chemopreventive and anti-inflammatory activities to epigenetic regulation. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.

World Health Organization. (2003). *Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation* (Vol. 916). World Health Organization.

Yıkılmış, S., Aksu, H., Çöl, B. G., & Demirçakmak, İ. L. (2018). Evaluation of Sous-Vide Technology in Gastronomy. *International Journal of Agricultural and Life Sciences-IJALS*, 4 (1) pp.226-231.