



ALANA NOVAIS VIEIRA

**ALTA PRESSÃO COMO TÉCNICA DE CONSERVAÇÃO DE
SUCO DE FRUTAS**

LAVRAS – MG

2020

ALANA NOVAIS VIEIRA

ALTA PRESSÃO COMO TÉCNICA DE CONSERVAÇÃO DE SUCO DE FRUTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Alimentos,
para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Vanessa Rios de Souza

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai por ser minha inspiração acadêmica e à minha mãe por ser colo e carinho em todos os momentos que eu precisei. E por juntos me darem a oportunidade de crescimento e aprendizado longe de casa.

À minha orientadora Vanessa, por despertar minha paixão pelo tema desde as aulas de Processamento Térmico. Agradeço o incentivo, paciência e por ter me motivado a fazer o melhor.

À Universidade Federal de Lavras por ter sido meu lar durante esses anos e por representar meu maior desafio concluído! Obrigada por tanto! Tenho orgulho de ser UFLA!

Aos docentes do DCA pelo conhecimento transmitido dentro e fora de sala de aula. Especialmente às professoras Bruna e Lizzy pelo contato mais próximo e orientação durante meu tempo no PROALI. Admiro muito vocês!

Aos amigos que dividiram comigo o caminho até aqui durante o curso de Engenharia de Alimentos. Aos que estiveram presentes desde o começo, especialmente Rafael e Laura e às que me ampararam e incentivaram a finalizar esse ciclo, Fernanda, Ana Elisa e Mariana. Tenho um carinho especial por vocês!

Ao meu namorado Giovanni, pelo companheirismo, compreensão, apoio e amor incondicional em todos os momentos! ♡

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Devido a maior conscientização da estrita relação da dieta e saúde, vem se notando uma tendência mundial pela busca de uma rotina mais saudável e alimentação mais equilibrada. Diante dessa crescente demanda por produtos saudáveis e com características nutricionais e sensoriais agradáveis, o mercado de sucos prontos está em franca expansão, sendo este tipo de produto (sucos prontos) considerado um grande aliado ao novo perfil de dieta da sociedade. Com o intuito de satisfazer as expectativas dos consumidores que convergem em direção a produtos naturais, menos processados e com características nutricionais e sensoriais mais próximas dos alimentos *in natura*, novas tecnologias de conservação têm sido desenvolvidas ou aperfeiçoadas visando minimizar os danos pelo calor causado pelo tratamento térmico convencional. Dentre as tecnologias emergentes não térmicas, a alta pressão (AP) é apontada como sendo uma das técnicas mais promissoras para a conservação de alimentos líquidos, como sucos ou bebidas à base de frutas. Este trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica detalhada sobre a técnica de alta pressão, incluindo seu princípio, fundamento, equipamentos, vantagens e limitações e aplicação específica em sucos e bebidas à base de frutas. Constatou-se que a AP é de fato uma tecnologia promissora, por mostrar-se eficiente na conservação e manutenção das características sensoriais e nutricionais do produto. Os investimentos iniciais e custos operacionais associados a essa tecnologia são os maiores responsáveis pela limitação de seu emprego, no entanto, os avanços tecnológicos e o incentivo de consumidores dispostos a pagar mais caro para adquirir produtos de maior qualidade, apontam para sua maior aplicação. Produtos conservados por alta pressão já podem ser encontrados em escala comercial e nessa perspectiva, é esperado que haja uma ampliação no mercado, sendo promissor para o setor de suco de frutas.

Palavras Chave: Alta pressão; Conservação de alimentos; Métodos não térmicos; Suco de frutas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Passos para a realização da revisão de literatura.....	12
Figura 2 - Fluxograma do processamento convencional de sucos	14
Figura 3 - Tendência do consumidor a seguir uma alimentação saudável.....	16
Figura 4 - Tendência do consumidor a gastar mais com alimentação saudável.....	17
Figura 5 - Evolução do consumo de suco 100% integral no mercado brasileiro	18
Figura 6 - Porcentagem de respostas indicando tecnologias com potencial e mais importância para comercialização nos próximos 5 anos	22
Figura 7 - Princípio da pressão isostática.....	25
Figura 8 - Diagrama de operação de processamento por alta pressão	28
Figura 9 - Unidade de geração de pressão direta para processamento de alta pressão em batelada	28
Figura 10 - Embalagens compatíveis com o processamento por AP.....	29
Figura 11 - Arranjo de múltiplas câmaras para processamento semi-contínuo de alta pressão.....	30
Figura 12 – Número total e porcentagem de respostas apresentadas por empresas de alimentos indicando limitações para a adoção da nova tecnologia	31
Figura 13 - Equipamento Hiperbaric 55.....	38
Figura 14 - Equipamento Hiperbaric 525.....	39
Figura 15 - Suco de maçã, morango e banana produzido na Itália pela marca Macè.....	41
Figura 16 - Smoothie de manga e maracujá produzido na Holanda pela marca Fruity Line ...	42
Figura 17 - Suco Detox produzido nos Estados Unidos pela marca Suja	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferenciação dos tipos de sucos – IN nº 42, 2013	13
Tabela 2 - Volume de produção do mercado brasileiro de sucos em geral	17
Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da utilização do método de alta pressão	33
Tabela 4 - Efeito da alta pressão em diferentes sucos, bem como características avaliadas e principais resultados.....	34
Tabela 5 - Alimentos processados por AP disponíveis comercialmente	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1. Suco de Frutas	13
4.1.1. Tendência do Mercado	15
4.2. Métodos convencionais de conservação para sucos	19
4.3. Métodos não convencionais de conservação para sucos.....	20
4.4. Método Alta Pressão	22
4.4.1. Histórico e Definição	22
4.4.2. Fundamento.....	24
4.4.3. Processamento e Equipamento.....	26
4.4.4. Vantagem e Desvantagem.....	30
4.4.5. Aplicação de AP em sucos de frutas	33
4.4.6. Panorama da Alta Pressão em escala industrial	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

O suco de frutas, bebida obtida da fruta madura por processamento tecnológico adequado, é um produto fluido, complexo e de grande importância nutricional. Esta notoriedade se deve à rica composição do produto, podendo proporcionar benefícios à saúde quando aliada a um estilo de vida saudável. O consumo deste tipo de alimento é crescente e cada vez mais popular devido à busca dos consumidores por produtos processados a base de frutas semelhantes a frutas frescas, de forma a atender aos seguintes aspectos: oferecer alta qualidade sensorial e segurança, ser mais saudáveis e mais nutritivos, conter menos ingredientes, e apresentar um custo razoável (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018).

Devido à sua composição, predominantemente por água, e outros elementos orgânicos e inorgânicos que caracterizam o sabor e aroma da fruta, o suco de frutas é altamente perecível e por esse fato está naturalmente susceptível a reações enzimáticas e crescimento microbiológico comprometendo sua qualidade e segurança alimentar. Como consequência, para se garantir as características sensoriais e nutricionais e estender a vida útil deste produto, torna-se necessário a utilização de processos tecnológicos adequados de conservação (CORRÊA NETO; FARIA, 1999). No caso dos sucos, o método mais amplamente utilizado é a aplicação do calor (TAO; HOGAN; KELLY, 2014).

Os métodos térmicos são, há muito tempo, vistos como os mais importantes para a conservação de alimentos, uma vez que a temperatura é um dos mecanismos mais efetivos na inativação e destruição de microrganismos e enzimas, o que permite a obtenção de alimentos comercialmente estéreis e com longa vida útil. Apesar dos benefícios incontestáveis desse processamento, existem desvantagens como degradação nutricional, em especial dos componentes termosensíveis como os compostos bioativos e depreciação sensorial, incluindo modificação da cor, sabor, aroma e textura dos alimentos (RICHARDSON, 2001).

Associada a uma tendência atual de valorização de estilos de vida mais saudáveis, são observadas mudanças nos hábitos alimentares (EUROMONITOR, 2015). Essa exigência dos consumidores por alimentos de maior qualidade, com menor alteração sensorial e perda nutricional, estimulou o desenvolvimento de técnicas não convencionais de preservação de alimentos que minimizem os efeitos causados pela aplicação de calor. Dentre as técnicas não térmicas emergentes destaca-se a alta pressão, por ser capaz de oferecer ao consumidor produtos minimamente processados em diferentes matrizes alimentares sem mudanças significativas nas características intrínsecas ao produto (NORTON; SUN, 2008).

A técnica de alta pressão, consiste na aplicação de pressões que variam de 100 a 1000 MPa sobre alimentos sólidos ou líquidos, em temperatura ambiente, por um curto tempo de exposição, variando de segundos a poucos minutos (MUKHOPADHYAY et al., 2016). A pressão é transmitida uniforme e simultaneamente em todas as direções, dessa maneira os alimentos mantêm sua forma. Além disso, devido ao mínimo efeito causado pelo baixo aquecimento, são preservadas moléculas menores como as vitaminas e compostos voláteis, assim suas características sensoriais são mantidas sem comprometer sua segurança microbiana (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012). Atualmente, a aplicação do processamento de alta pressão é considerada uma alternativa promissora, já implementada globalmente por diversas unidades industriais para aplicação da tecnologia em escala comercial para diferentes matrizes alimentares.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica detalhada sobre a técnica de alta pressão, enfatizando sua aplicação em sucos de frutas.

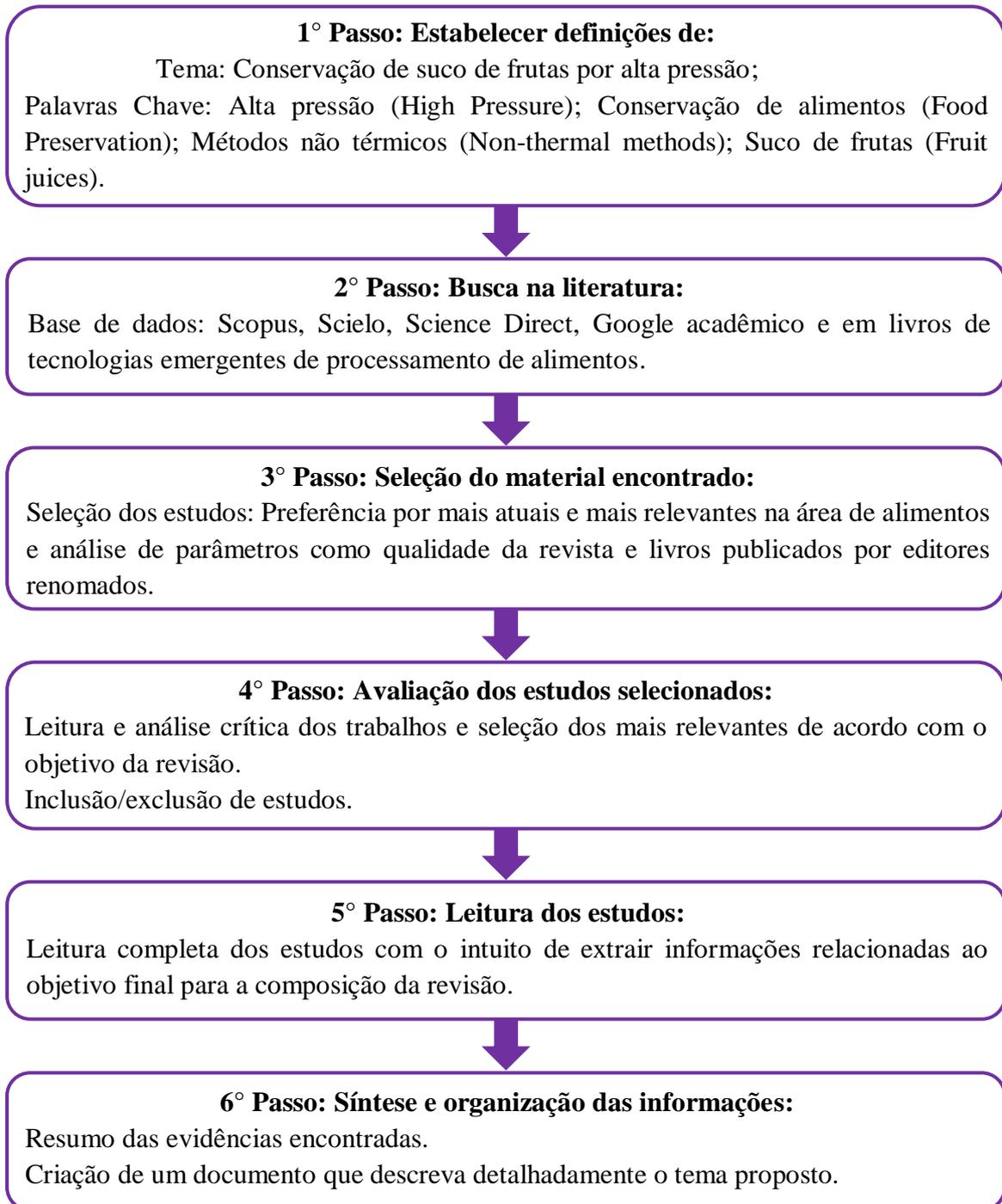
2.2. Objetivos Específicos

- Abordar a tendência de mercado para sucos de frutas, bem como os métodos convencionais e não convencionais de conservação aplicados a esse tipo de produto;
- Apresentar em detalhes o fundamento e princípio da técnica de alta pressão;
- Discutir o processamento e equipamentos do processamento por alta pressão, mostrando exemplos de equipamentos comerciais comumente empregados em suco de frutas;
- Levantar as vantagens e desvantagens do processamento por alta pressão frente às técnicas convencionais de conservação;
- Apresentar exemplos de aplicação da técnica em várias matrizes de sucos de frutas, bem como os resultados alcançados;
- Discutir o panorama atual da técnica alta pressão na indústria de alimentos.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi fundamentada em bases de dados, livros, dissertações e teses, dentre outros materiais considerados importantes. A triagem do material foi realizada de modo a dar credibilidade e embasamento à pesquisa. Os passos seguidos estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Passos para a realização da revisão de literatura



Fonte: Da autora, 2020

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Suco de Frutas

O Artigo 5º da Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994 (BRASIL, 2015), dispõe a definição de suco ou sumo como a bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo.

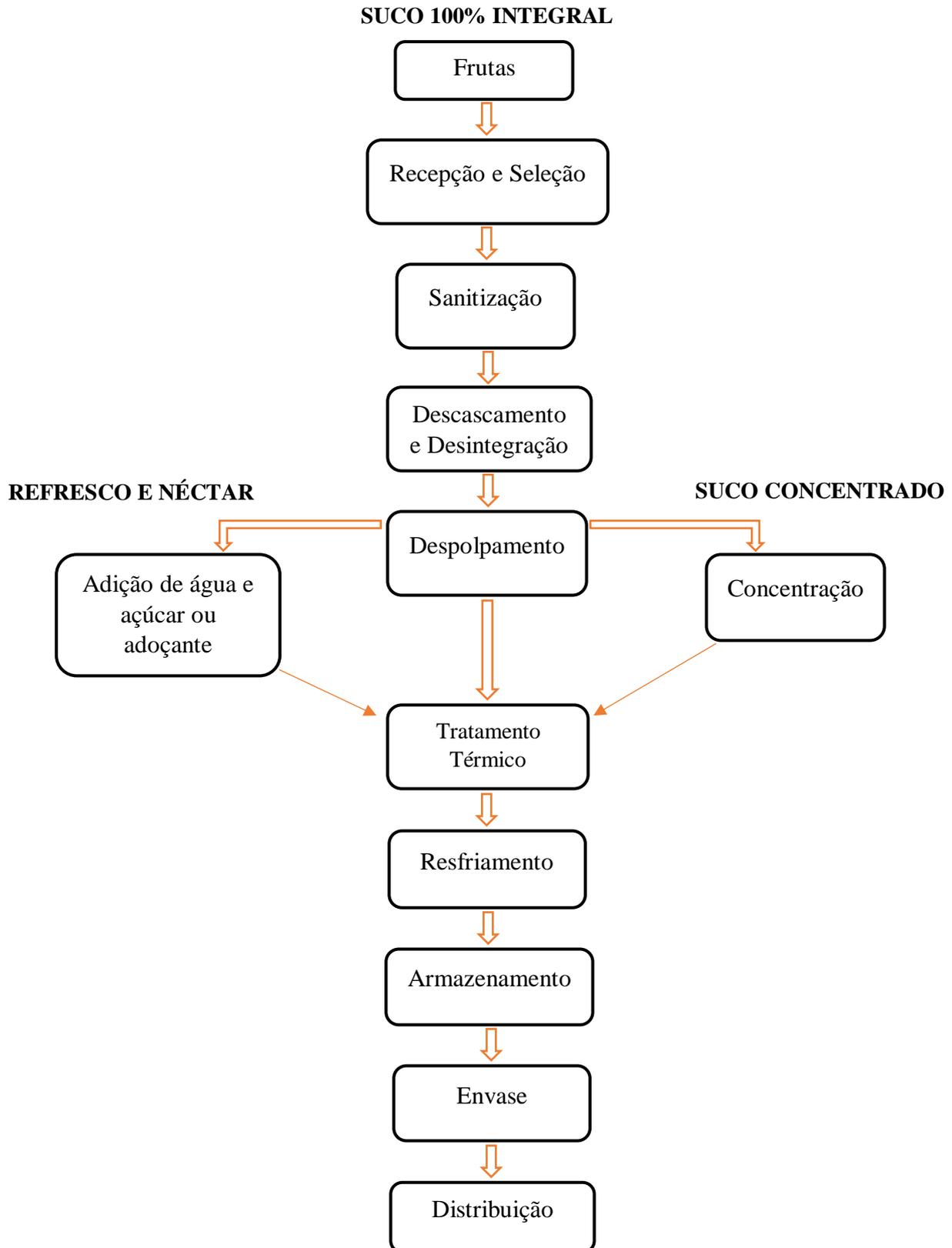
Os sucos podem ser classificados como refresco, néctar, suco reconstituído e suco 100% integral de acordo com a definição do Ministério da Agricultura. Conforme apontada pela Tabela 1, a diferença básica entre a classificação dos sucos é a adição de água, açúcar e/ou adoçante, visto que não é permitido a adição de aditivos como corantes e aromatizantes.

Tabela 1 - Diferenciação dos tipos de sucos – IN nº 42, 2013 (BRASIL, 2013)

Definição	Ingredientes	Teor de fruta no suco
Refresco	Água, frutas e açúcar ou adoçante	Mínimo de 5 % de frutas, dependendo da fruta
Néctar	Água, frutas e açúcar ou adoçante	Mínimo de 20 % de frutas, dependendo da fruta
Suco reconstituído (concentrado)	Suco de fruta reconstituído	100 % fruta
Suco 100% integral	Suco de fruta	100 % fruta

Fonte: Da autora, 2020

O processamento dos diferentes tipos de sucos pode ser resumido conforme apresentado no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processamento convencional de sucos

Fonte: Da autora, 2020

O suco de frutas é um produto fluido, complexo e com grande importância nutricional. Ele é composto, predominantemente, por água, e outros elementos orgânicos e inorgânicos que caracterizam o sabor e aroma da fruta (CORRÊA NETO; FARIA, 1999). As propriedades nutricionais favoráveis apresentadas pelos sucos, devem-se tanto à sua macro composição, relacionada a carboidratos, proteínas e fibras, quanto a vitaminas, minerais, compostos bioativos e alto potencial antioxidante (KALAYCIOĞLU & ERIM, 2017). Tal composição pode proporcionar benefícios à saúde desde que os processos de conservação e garantia da qualidade do produto preservem estes elementos sob sua forma ativa.

Devido à natureza do suco que consiste em uma alta atividade de água e riqueza nutricional, o produto está espontaneamente susceptível a reações enzimáticas e crescimento microbológico comprometendo a segurança e qualidade deste produto. Dessa maneira, para se garantir as características sensoriais e nutricionais, segurança alimentar e estender a vida útil desse produto torna-se necessário a aplicação de métodos de conservação (CORRÊA NETO; FARIA, 1999). No caso dos sucos, o método mais amplamente utilizado é a aplicação do calor (TAO; HOGAN; KELLY, 2014).

4.1.1. Tendência do Mercado

Recentemente tem sido observado um aumento expressivo no interesse por temas relacionados à saúde e bem-estar humanos. Para os consumidores em geral, uma dieta saudável é cada vez mais importante, refletindo uma convergência clara em direção a produtos naturais e menos processados. Seguindo a tendência mundial de busca por uma rotina mais saudável, uma mudança nos hábitos alimentares dos brasileiros é também notada. Segundo dados levantados pela Kantar (2019), 27% dos lares declaram ter feito mudanças na alimentação, aumentando o consumo de frutas, sucos naturais e diminuindo o consumo de carne vermelha, açúcar e refrigerante, por exemplo.

Dessa maneira, os produtos de maior qualidade têm ampliado sua participação no mercado, tanto em termos de volume produzido quanto em valor agregado, pois os consumidores, em geral, estão dispostos a pagar um valor mais alto por produtos que oferecem aquilo que procuram. De acordo com um estudo da agência de pesquisas Euromonitor Internacional (2015), o Brasil já ocupa o quinto maior mercado de alimentos e bebidas saudáveis do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, China, Japão e México. O volume de vendas atingido foi de aproximadamente US\$ 27,5 bilhões no ano de 2014.

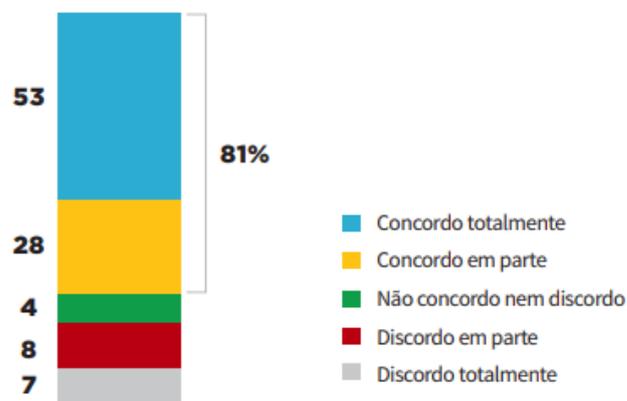
Ainda de acordo com esta pesquisa, entre os anos de 2009 e 2014 houve um crescimento de 98% desse mercado no nosso país, com uma projeção de crescimento expansivo de cerca de

20% para 2020. Por consequência do novo comportamento do consumidor, produtos que apresentarem maior grau de diversificação e saudabilidade têm potencial para ganhar cada vez mais destaques nas prateleiras dos supermercados.

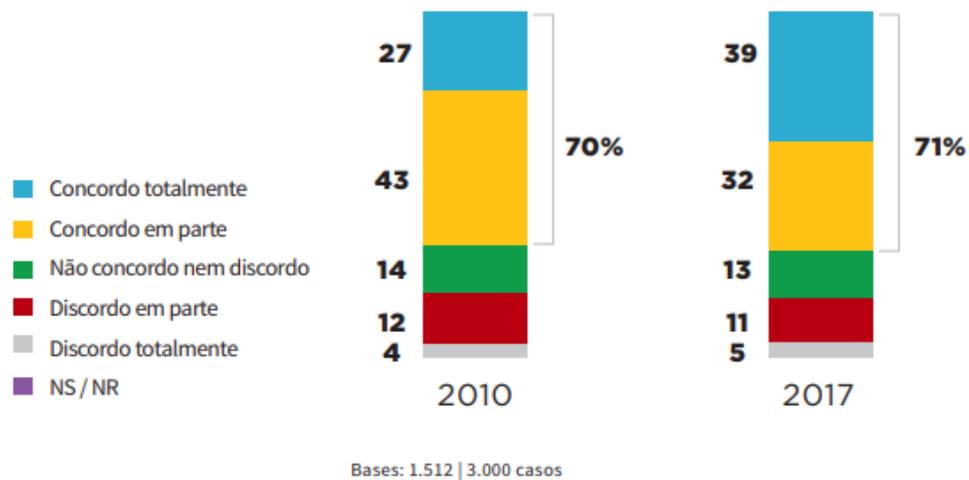
Os resultados da pesquisa “A Mesa dos Brasileiros: Transformações, Confirmações e Contradições” realizada pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e pelo Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp) no ano de 2018, corroboram com as informações do portal Kantar e Euromonitor a respeito dos novos hábitos dos consumidores. Conforme demonstrado pelas Figuras 3 e 4, o estudo revelou que 81% dos consumidores entrevistados dizem se esforçar para ter uma alimentação saudável e 71% afirmam que comprariam alimentos saudáveis, mesmo que fossem por preços mais elevados. Na Figura 4, é possível observar um aumento de 12% entre os que concordam plenamente com a segunda afirmação do ano de 2010 para 2017, apontando uma maior disposição em gastar mais em produtos com maior qualidade.

Figura 3 - Tendência do consumidor a seguir uma alimentação saudável

“Me esforço para ter uma alimentação saudável”



Fonte: FIESP; CIESP, 2018

Figura 4 - Tendência do consumidor a gastar mais com alimentação saudável**“Se o alimento for saudável, eu compro, mesmo que seja mais caro”****Fonte:** FIESP; CIESP, 2018

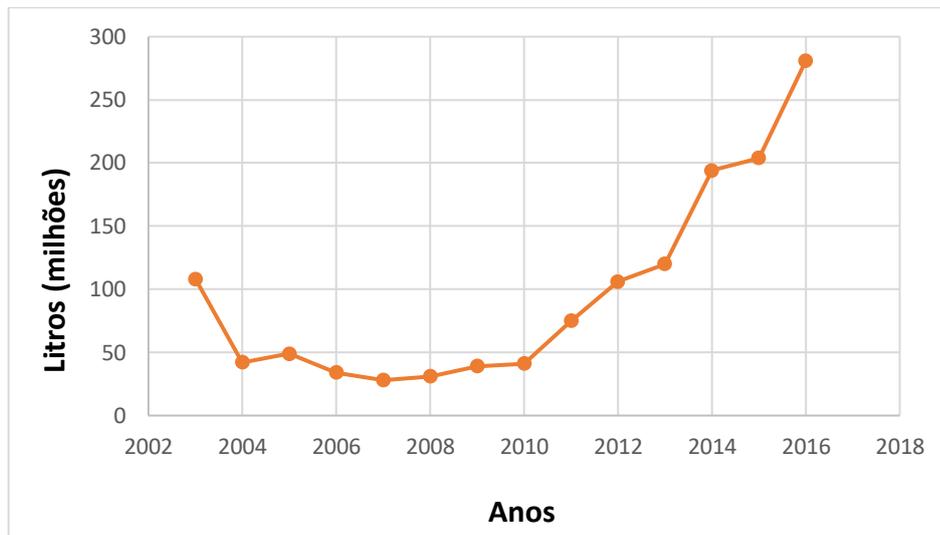
Atendendo as novas tendências de saúde e bem-estar, o mercado brasileiro de sucos vem crescendo com taxas superiores a 10% ao ano. Dados da ABIR (2018) sobre o volume de produção de sucos em geral e uma pesquisa da Consultoria Markestrar (2017) da evolução do consumo de suco 100% integral, confirmam esse crescimento, conforme detalhado na Tabela 2 e Figura 5.

Tabela 2 - Volume de produção do mercado brasileiro de sucos em geral (ABIR, 2018)

Ano	Volume (em 1.000 litros)
2010	743.739
2011	861.250
2012	987.000
2013	1.137.024
2014	1.306.441
2015	1.258.103
2016	1.257.894
2017	1.101.985

Fonte: Da autora, 2020

Figura 5 - Evolução do consumo de suco 100% integral no mercado brasileiro (MARKSTRAT, 2017)



Fonte: Da autora, 2020

São vários os motivos que podem justificar o aumento do consumo deste produto nos últimos anos. Entre as razões pelas quais o suco 100% integral vem ganhando mercado, as principais se referem a busca por alimentos mais saudáveis, mais ricos nutricionalmente, aliado ao fato da não adição de açúcar.

Entretanto, quando comparado ao volume de produção de sucos em países europeus, constata-se que a produção brasileira é relativamente baixa. Tal fenômeno pode estar associado principalmente à alta disponibilidade/acessibilidade de frutas em nosso país, durante todo o ano, o que pode levar a um menor consumo de sucos industrializados.

A produção de sucos no Brasil ainda é discreta, representando apenas 3,6 % do volume total produzido de todas as bebidas não alcoólicas, segundo dados da ABIR (2018). Valor bem distante do refrigerante, líder de vendas, com 42,1 % seguido da água mineral com 36,9 % da representação. Apesar do volume de produção ainda ser relativamente pequeno, indústrias tem apostado nesse setor em razão da alta tendência de expansão no consumo de sucos, com destaque especial para os sucos 100%, devido à busca dos consumidores, cada vez mais, por produtos naturais, que apresentem maiores garantias de qualidade nutricional e sanitária.

4.2. Métodos convencionais de conservação para sucos

Os assuntos mais recorrentes relacionados aos tipos de processamentos utilizados na indústria de alimentos são segurança e qualidade alimentar. A primeira refere-se à inocuidade a qual o alimento deve ser comercializado, já a segunda, pode ser atingida em maior ou menor grau, variando também no seu preço de venda (TAKAGI & BELIK, 2006). Como já citado anteriormente, os componentes dos produtos orgânicos (sejam de origem animal ou vegetal) sofrem influência de fatores microbiológicos, enzimáticos, químicos e físicos comprometendo sua segurança e qualidade. Para solucionar esse problema, foram desenvolvidos métodos de conservação. Entre eles, os principais são os que envolvem aplicação de calor (VASCONCELOS, 2010).

Os métodos térmicos são, há muito tempo, vistos como os mais importantes para a conservação de alimentos, uma vez que a temperatura é um dos principais mecanismos com a finalidade de produzir alimentos comercialmente estéreis, dessa forma, os tratamentos focam principalmente na eliminação de microrganismos e inativação enzimática. Entretanto, as modificações ocasionadas pelo aporte de energia térmica podem comprometer as características originais dos alimentos, incluindo as propriedades nutricionais e sensoriais (RICHARDSON, 2001).

A premissa para se manter um produto conservado é a ausência de manifestação dos microrganismos presentes. A conservação térmica, portanto, é baseada no controle da carga microbiana e deve ser otimizada para que seja suficiente a redução de 5 a 6 ciclos logarítmicos do microrganismo de maior importância (CHEFTEL, 1995). O tratamento térmico também desempenha um papel importante na inativação enzimática que afeta a estabilidade do produto. No caso de suco de frutas o foco são as enzimas pectinesterase (PE), pectina metil esterase (PME), poligalacturonase (PG) e polifenoloxidase (PPO) (CORREIA, FARAONI, & SANT'ANA, 2008).

Dentre os processos com o emprego de calor aplicados em sucos, destacam-se a pasteurização e a esterilização. A primeira é um tratamento térmico relativamente brando com condições de processamento de temperaturas inferiores a 100 °C por curtos períodos. Já a esterilização, é o tratamento mais rigoroso que se tem para conservação de alimentos. Nele são utilizadas temperaturas acima de 100 °C durante poucos segundos, seguido de um rápido resfriamento em temperatura ambiente. Ambos visam a inativação enzimática e redução da carga microbiana (VASCONCELOS, 2010).

O efeito do tratamento é representado pelo número de microrganismos sobreviventes ao final do processamento, para isso, a técnica consiste na melhor escolha do binômio tempo/temperatura a qual o alimento será submetido. O valor D é o principal parâmetro de avaliação das características de termoresistência da população microbiana. Ele corresponde ao período de tempo, a uma determinada temperatura, necessário para redução de 90% do número de células ou esporos. Além da resistência térmica dos microrganismos e/ou enzimas alvo, a rigorosidade do tratamento é afetada por fatores associados à natureza de cada alimento, tais como atividade de água, pH e sua composição e textura (PENNA, 1997).

O tratamento térmico é extremamente eficiente sendo um dos tratamentos mais aplicados pela indústria. Entretanto, altas temperaturas ocasionar efeitos indesejáveis nos alimentos, incluindo degradação nutricional e depreciação sensorial (MERCALI, SCHWARTZ, MARCZAK, TESSARO, & SASTRY, 2014). Dessa forma, aliada as tendências de mercado, a próxima fronteira consiste em buscar novos métodos de conservação que propicie o mínimo de alteração nas características dos produtos.

4.3. Métodos não convencionais de conservação para sucos

Os consumidores não estão preocupados apenas com os ingredientes presentes nos alimentos que consomem, mas também com os processos empregados ao longo da cadeia alimentar até chegar à sua mesa. Contraditoriamente, os consumidores desejam seus alimentos cada vez mais nutritivos e saborosos, porém requerem mínimo processamento. Compreender essas questões é um dos desafios mais importantes para desenvolver produtos alimentícios inovadores (CULLEN; TIWARI; VALDRAMIDIS, 2012). A exigência dos consumidores por alimentos de maior qualidade, com menores perdas, tanto nutricional quanto sensorial, impulsionou o desenvolvimento de técnicas não convencionais de preservação de alimentos que minimizem os efeitos causados pela aplicação de calor.

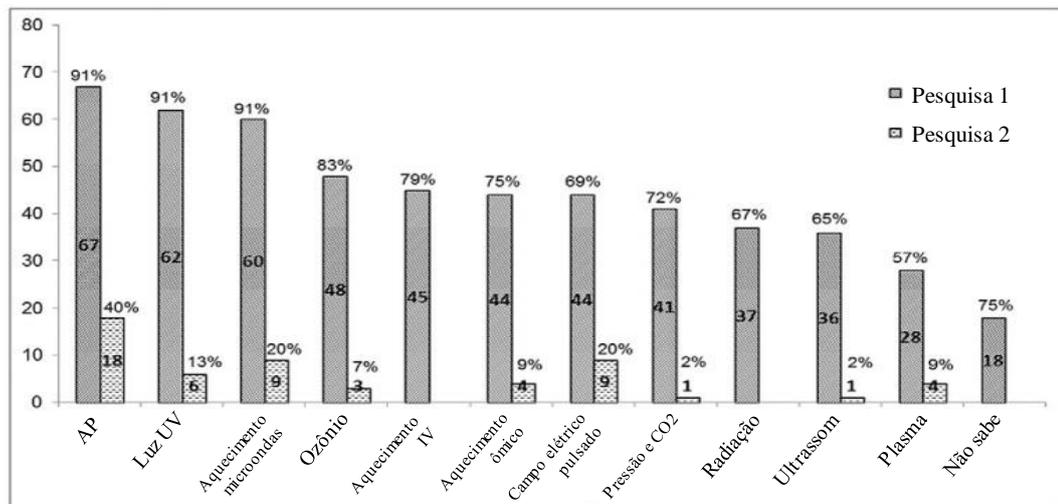
As tecnologias emergentes de conservação de alimentos podem ser divididas em procedimentos térmicos e não térmicos (BUTZ; TAUSCHER, 2002). A abordagem das técnicas térmicas oferece potencial para melhor retenção das qualidades desejadas e dos parâmetros nutricionais uma vez que o calor gerado no interior dos alimentos, não sendo, portanto, limitado pelos coeficientes de transferência de calor. Como nesta abordagem o calor é gerado de maneira mais eficiente, a rigorosidade do tratamento (temperatura e tempo) é reduzida (CULLEN; TIWARI; VALDRAMIDIS, 2012). Entre as tecnologias térmicas não convencionais, que vem sendo investigadas em suco de frutas tem-se o aquecimento por micro-ondas (MULLIN, 1995; TEWARI, 2007), radiofrequência (MULLIN, 1995; TEWARI, 2007), aquecimento ôhmico

(BINOTI et al., 2012; DELGADO et al., 2012; SASTRY, 2008) e infravermelho (PAN; ATUNGULU, 2010; RASTOGI, Navin K., 2012).

Já os chamados tratamentos não-térmicos são aqueles que operam geralmente em temperaturas ambiente ou mais amenas (CULLEN; TIWARI; VALDRAMIDIS, 2012), onde os microrganismos e enzimas são inativados por outros mecanismos que não o calor, conseqüentemente, as perdas encontradas nos métodos térmicos convencionais são minimizadas (BUTZ; TAUSCHER, 2002). Entre as tecnologias que vêm sendo estudadas como alternativas na melhor preservação da qualidade dos produtos frescos estão pulsos elétricos (DELGADO et al., 2012), ultrassom (OLIVEIRA e colab., 2015), luz pulsada (DEMIRCI; PANICO, 2008; SUN, 2005), ozônio (DA SILVA et al., 2011; KHADRE; YOUSEF, 2001), irradiação (NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002) e alta pressão (DA COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999; FERREIRA; PESSOA MASSON; ROSENTHAL, 2008; MUKHOPADHYAY et al., 2016).

O Grupo de Trabalho sobre Segurança Alimentar da Comissão Internacional de Engenharia Agrícola na Bélgica, em colaboração com o Centro de Pesquisa Guelph de Agricultura e Agro-Alimentos no Canadá, desenvolveu uma pesquisa para coletar as respostas e opiniões profissionais da área, sobre o papel que as tecnologias emergentes de conservação de alimentos podem desempenhar nos desafios da segurança alimentar global. Concomitantemente outra pesquisa semelhante foi realizada pela Campden BRI no Reino Unido (JERMANN et al., 2015). Os dados coletados nas pesquisas, dispostos na Figura 6, apontam a alta pressão como a tecnologia com maior potencial e importância para a comercialização nos próximos 5 anos.

Figura 6 - Porcentagem de respostas indicando tecnologias com potencial e mais importância para comercialização nos próximos 5 anos (JERMANN et al., 2015)



Fonte: Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2015

A partir dos dados da pesquisa, é possível afirmar que profissionais da área se mostram otimistas frente às possibilidades vantajosas que este processamento oferece à indústria de alimentos, como o grande potencial em preservar moléculas menores que são responsáveis pelas características nutricionais e/ou sensoriais do alimento, demonstrando uma grande eficiência para o processamento de produtos líquidos como suco de frutas (CAMPOS; DOSUALDO; CRISTIANINI, 2003). A perspectiva positiva favorece investimentos em pesquisas sobre esta tecnologia.

4.4. Método Alta Pressão

4.4.1. Histórico e Definição

Os primeiros relatos de estudos sobre a resistência de bactérias a altas pressões foram há mais de um século, em 1895, por H. Roger na França. Para a área de ciência de alimentos, o trabalho mais importante foi publicado nos Estados Unidos por Bert Hite em 1899. Hite projetou e construiu uma unidade de processamento de alta pressão para pasteurizar leite e em seu experimento constatou que a inativação da carga microbiana do leite cru nas condições de 600 MPa por uma hora em temperatura ambiente estenderia a vida útil do produto em 4 dias (FARKAS; HOOVER, 2000). Os estudos seguintes sobre o efeito da aplicação de alta pressão no leite levaram ao adiamento do uso da tecnologia, principalmente devido a: constatações de que as enzimas não eram significativamente afetadas; dificuldades na fabricação dos

equipamentos de alta pressão; inadequação dos materiais de embalagem para os alimentos durante o processamento; além do avanço dos processos térmicos convencionais (FELLOWS, 2009; JAY, 2000).

Avanços no design das unidades de processamento e nos materiais de embalagem permitiram a retomada dos estudos a partir de 1990 com pesquisas realizadas, principalmente no Japão, objetivando a avaliação do potencial de aplicação comercial. Este fato impulsionou a adesão por parte dos Estados Unidos e de países europeus (CAMPOS; DOSUALDO; CRISTIANINI, 2003). A difusão desta tecnologia para diferentes territórios ocasionou o surgimento de produtos comerciais de distintas matrizes alimentares, por exemplo, geleia de frutas no Japão, suco de laranja na França, guacamole no México e leite pasteurizado no mercado inglês (MERTENS; DEPLACE, 1993). O tipo de matriz alimentar vai influenciar no tipo de processo de AP adotado, sendo exclusivamente observado o processo batelada em produtos com grandes partículas sólidas, enquanto matrizes líquidas e pastosas podem contar adicionalmente com o sistema semicontínuo (TING; MARSHALL, 2002) que proporciona maior capacidade de processamento.

A técnica de alta pressão, também conhecida na nomenclatura internacional por High Pressure Processing (HPP), High Hydrostatic Pressure (HHP) ou Ultra High Pressure (UHP), consiste na aplicação de pressões que variam de 100 a 1000 MPa sobre alimentos sólidos ou líquidos, embalados ou não (NASCIMENTO; SILVA; BARBOSA, 2013) por um período de exposição de segundos ou poucos minutos (MUKHOPADHYAY et al., 2016). As condições médias aplicadas para suco de frutas variam até que o processamento permita a redução da carga microbiana em 5 unidades logarítmicas ou níveis inferiores ao limite de detecção dos microrganismos de maior importância (RODRIGUES, 2014). Geralmente, pressões entre 400 e 600 MPa por menos de 10 minutos são utilizadas no processamento de sucos (FARKAS; HOOVER, 2000).

Atualmente, a aplicação do processamento de alta pressão é considerada uma alternativa promissora em relação à garantia de segurança e efeitos indesejáveis mínimos nas características nutricionais e sensoriais. Diferentemente dos métodos térmicos convencionais, o tratamento adequado por alta pressão não afeta negativamente a qualidade dos alimentos, pois a pressão é transmitida instantaneamente e de forma uniforme por todo o alimento, permitindo que sejam obtidos produtos sem tratamento excessivo (NORTON; SUN, 2008).

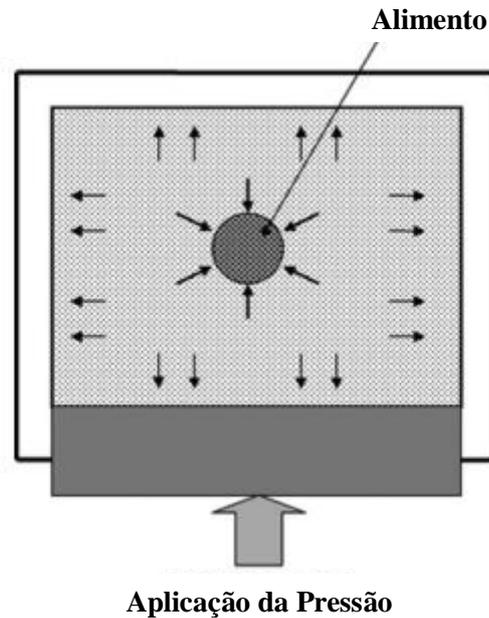
4.4.2. Fundamento

Para compreender o processamento por alta pressão, é relevante o conhecimento de dois princípios científicos. O primeiro deles foi enunciado por Henry Louis Le Chatelier, que expressou, em 1884, uma generalização sobre o comportamento de sistemas em equilíbrio ao serem perturbados. O princípio de Le Chatelier aplica-se a todos os processos físicos e afirma que, quando um sistema em equilíbrio é perturbado, este responde de maneira a minimizar a perturbação (NORTON; SUN, 2008). Para minimizar a perturbação provocada por uma força externa, há uma busca por uma nova situação de equilíbrio, favorecendo o sentido direto ou indireto da reação. O deslocamento do equilíbrio pode favorecer a formação de mais produto ou a formação de reagentes. Três fatores externos podem provocar essas alterações, eles são: concentração, pressão e temperatura (CANZIAN; MAXIMIANO, 2010).

O aumento da pressão de uma reação em equilíbrio, com temperatura constante, proporciona uma contração do volume. Portanto, o equilíbrio se deslocará no sentido do menor volume. Isso significa que a AP estimula reações que resultam em uma diminuição no volume. Qualquer fenômeno como transição de fase, mudança de configuração molecular ou reação química que resulte em uma diminuição no volume, pode ser acompanhada por um aumento de pressão (DE HEER, 1957). A alta pressão afeta, em sua maioria, ligações não covalentes (hidrogênio, iônica e hidrofóbica), pois essas ligações são muito sensíveis à pressão, o que significa que componentes alimentares de baixo peso molecular (responsáveis pela nutrição e sensibilidade características) não são afetadas, enquanto componentes de alto peso molecular (cuja estrutura terciária é importante para a determinação da funcionalidade) são sensíveis (TEWARI, 2007).

O segundo princípio que governa o processamento é o princípio da pressão isostática, que se baseia no pressuposto que a pressão é transmitida ao alimento de maneira uniforme e instantânea, independentemente do tamanho e de sua geometria, estando ele em contato direto com o meio sob pressão (Figura 7). Portanto, o tempo de processamento é independente do alimento, diferentemente dos tratamentos térmicos convencionais (RASTOGI, N. K. et al., 2007).

Figura 7 - Princípio da pressão isostática



Fonte: Non-Thermal Food Engineering Operations, 2012

A AP resulta na inativação microbiana devido a mudanças morfológicas, genéticas e bioquímicas na membrana e no interior das células (FERREIRA; PESSOA MASSON; ROSENTHAL, 2008). Uma das principais causas da morte dos microrganismos é a lesão na membrana citoplasmática (SMELT, 1998) e o interrompimento das funções celulares responsáveis pela reprodução e sobrevivência (NORTON; SUN, 2008). O resultado efetivo da alta pressão diante dos microrganismos depende de alguns fatores, como, tipo (bactérias, bolores, leveduras) e forma (eucariontes e procariontes) (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012; SMELT, 1998).

Resultados publicados sugerem que pressões em torno de 600 MPa por 3 a 5 minutos sob temperatura ambiente são suficientes para induzir a inativação microbiana (células na forma vegetativas) semelhante à esperada para um processo térmico de pasteurização (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018; FDA, 2000; TIWARI et al., 2009). Entretanto, além da atenção para células maduras de microrganismos, é importante considerar também os esporos de fungos e bactérias que podem ser encontrados em alimentos. Para sucos de frutas com pH baixo, a principal preocupação são os ascósporos, já em alimentos com baixo teor de ácido, são patógenos como *Clostridium botulinum* e *Bacillus cereus* (LIMA TRIBST; DE SOUZA SANTÁNA; DE MASSAGUER, 2009). Infelizmente, o processo de AP (até 1200 MPa) não é capaz de promover uma redução adequada nos esporos, uma vez que o efeito do processo na estrutura de esporos é mínimo ou não existe (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018). Por

essa questão, para evitar a germinação dos esporos e conseqüentemente trazer riscos a saúde ou comprometer a vida útil do alimentos, os sucos processados com AP são normalmente mantidos sob refrigeração (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018).

Quanto às enzimas, variáveis como estrutura, origem, pH, natureza do substrato e condições operacionais influenciam na resposta ao tratamento por AP (TEWARI, 2007). Em geral, a inativação enzimática em sucos encontra muitas dificuldades, pois a sensibilidade das enzimas é imprevisível e depende muito das características do produto (CHAKRABORTY et al., 2014). O mecanismo de inativação enzimática ocorre de forma semelhante à desnaturação de proteínas, ou seja, a pressão hidrostática promove principalmente alteração nas estruturas terciárias e quaternárias. Durante a desnaturação enzimática pela alta pressão, a penetração de água ocorre no interior do núcleo da proteína, causando perda de contato entre os grupos não polares, resultando em maior exposição de grupos hidrofóbicos (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018).

Muitas das ligações e interações enzimáticas são fracas e facilmente interrompidas pela entrada de energia, portanto, para a maioria das enzimas, o processamento por AP é capaz de promover mudanças nas estruturas (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018). Estas alterações estruturais podem ser reversíveis ou não, e também podem resultar em aumentos ou reduções na atividade das enzimas (CHAKRABORTY et al., 2014). Os efeitos são reversíveis geralmente em pressões de até 300 MPa, da mesma forma, pressões mais baixas são comumente descritas como capazes de aumentar a atividade enzimática, como relata Hendrickx (1998). Dessa maneira, torna-se difícil estabelecer precisamente os parâmetros para a inativação enzimática por AP. As enzimas mais importantes para a estabilidade de produtos à base de frutas são normalmente consideradas baroresistentes, pois em geral, para propiciar a inativação desejada necessitam de unidades de pressão mais altas do que as comumente empregadas nestes tipos de produtos (AUGUSTO; TRIBST; CRISTIANINI, 2018).

4.4.3. Processamento e Equipamento

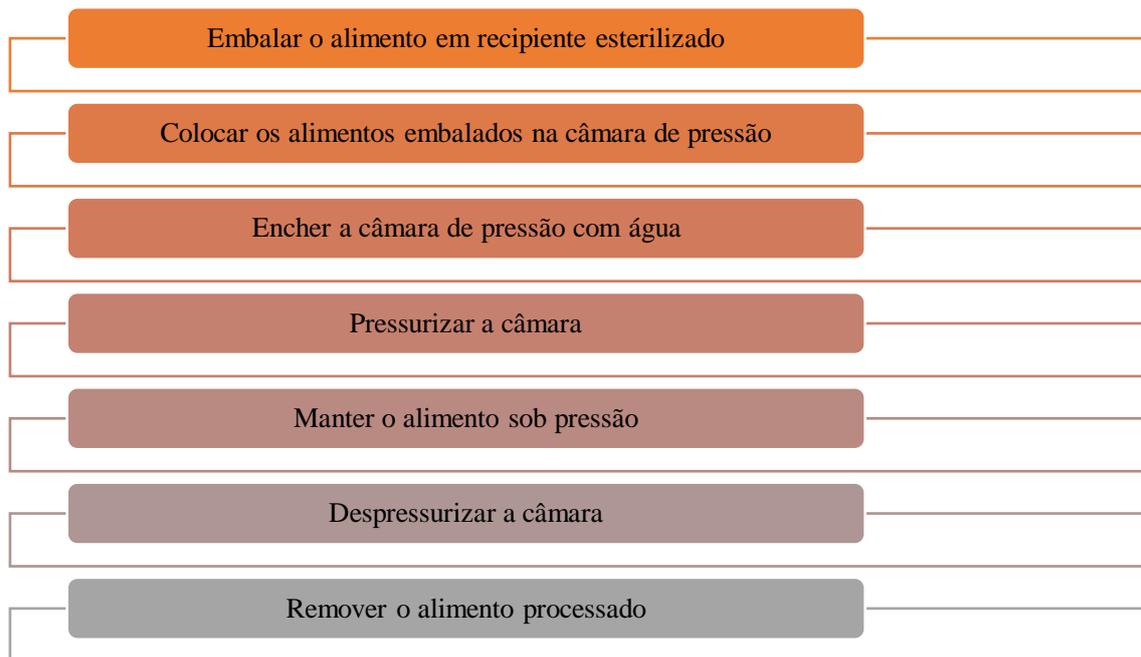
Alimentos líquidos, como sucos, podem ser processados em bateladas ou em modo semi-contínuo (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012). Porém, a maioria dos equipamentos de alta pressão em uso industrial para processamento de alimentos são sistemas de batelada, pois podem ser usados tanto para alimentos líquidos quanto para sólidos. De acordo com Gupta e Balasubramaniam (2012), o equipamento normalmente consiste em:

- Esteira transportadora – sistema de manipulação para carregar e descarregar os produtos nos cestos
- Câmara de pressão
- Fechos nas extremidades superior e inferior
- *Yoke* – estrutura que suporta a câmara de pressão
- Intensificadores – Bomba geradora de alta pressão
- Controle e instrumentação de processos

Em batelada, os produtos líquidos ou sólidos são previamente embalados e colocados dentro do cesto que será transportado pela esteira transportadora até a câmara de pressão. O restante da câmara é então preenchido por um fluido, normalmente a água, que transmitirá a pressão para o produto (TAO; HOGAN; KELLY, 2014). A câmara é então fechada e a pressão desejada do processo é alcançada através da compressão de fluido transmissor. Depois de manter o produto sob pressão pelo tempo desejado, a câmara é descomprimida e o produto descarregado pela extremidade oposta (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012).

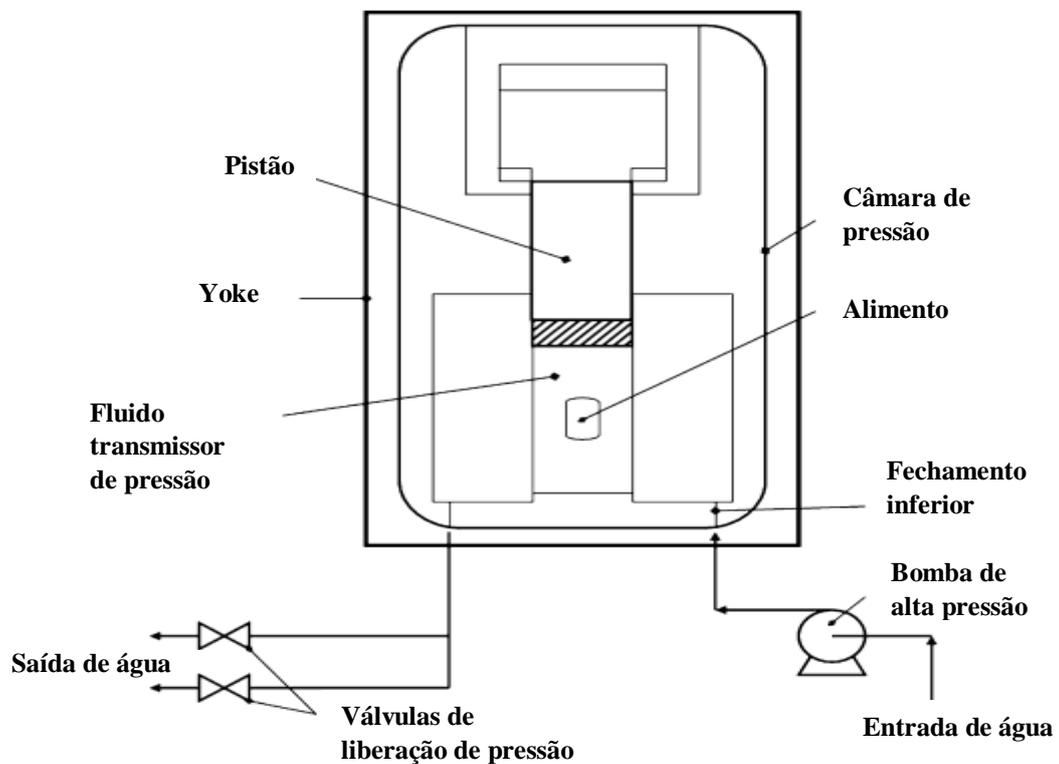
Durante o processamento, a pressão é transmitida uniforme e simultaneamente em todas as direções, de forma que, os alimentos mantêm sua forma. Além disso, o aquecimento durante o processo é mínimo, o que permite que os alimentos mantenham suas características nutricionais e sensoriais (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012). A operação geral de processamento e o princípio do equipamento de alta pressão estão ilustradas na Figura 8 e 9, respectivamente.

Figura 8 - Diagrama de operação de processamento por alta pressão



Fonte: Non-Thermal food engineering operations. Springer, 2012

Figura 9 - Unidade de geração de pressão direta para processamento de alta pressão em batelada



Fonte: Non-Thermal food engineering operations. Springer, 2012

No processo em batelada a alta pressão é aplicada no produto já embalado, em função disso requer materiais flexíveis e resistentes, devido à redução de volume dos alimentos durante o procedimento, evitando que embalagens não flexíveis sofram estresse e distorção comprometendo o produto final (GASPARETTI, 2014). São compatíveis com o processo embalagens plásticas tipo Stand-Up Pouch, Stomacher bags, tubos e “sacos” de polietileno e outros tipos de embalagens flexíveis (Figura 10) para alimentos líquidos ou sólidos e no caso específico de suco de frutas, em sua maioria são utilizadas garrafas PET (SOUSA, 2015).

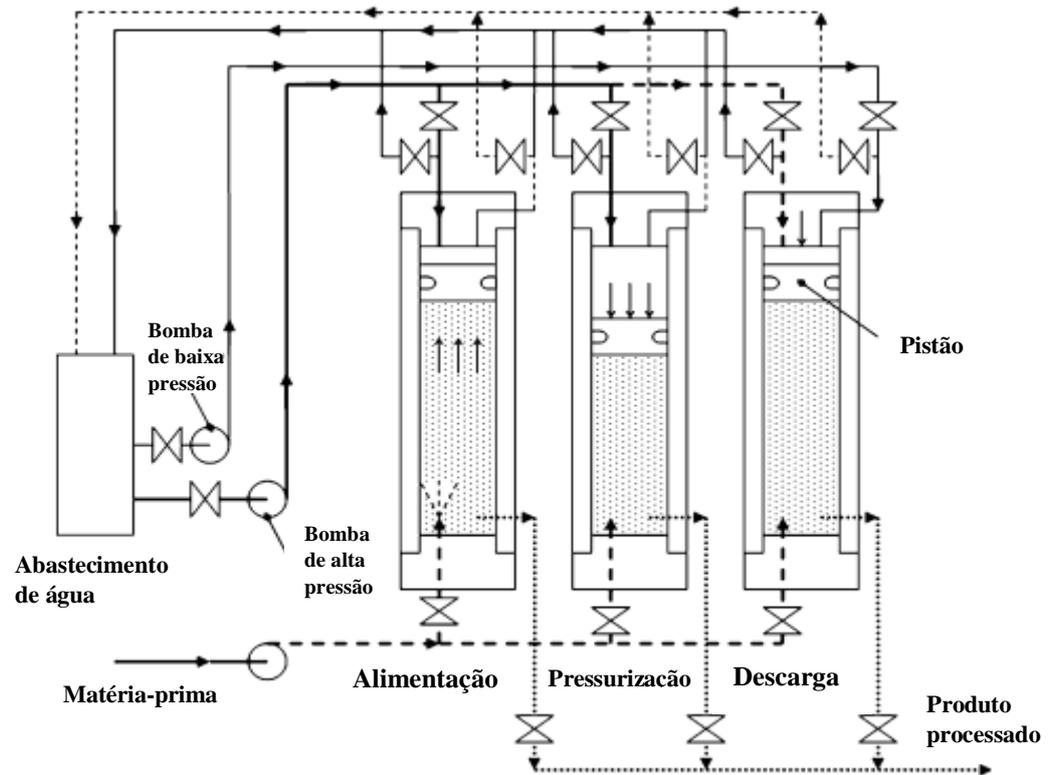
Figura 10 - Embalagens compatíveis com o processamento por AP



Fonte: Google Imagens, 2020

O processamento semi-contínuo (Figura 11), consiste em duas ou mais câmaras de pressão com pistões flutuantes dispostos para comprimir alimentos líquidos. A bomba de transferência é utilizada para encher a câmara com o alimento. Após o preenchimento, a válvula de entrada da câmara é fechada e o fluido transmissor de pressão é introduzido para comprimir o líquido em questão pela ação do pistão. Após o tempo de processamento desejado, a câmara é despressurizada. O alimento líquido tratado pode então ser embalado assepticamente em recipientes estéreis (GUPTA; BALASUBRAMANIAM, 2012).

Figura 11 - Arranjo de múltiplas câmaras para processamento semi-contínuo de alta pressão



Fonte: Non-Thermal food engineering operations. Springer, 2012

4.4.4. Vantagem e Desvantagem

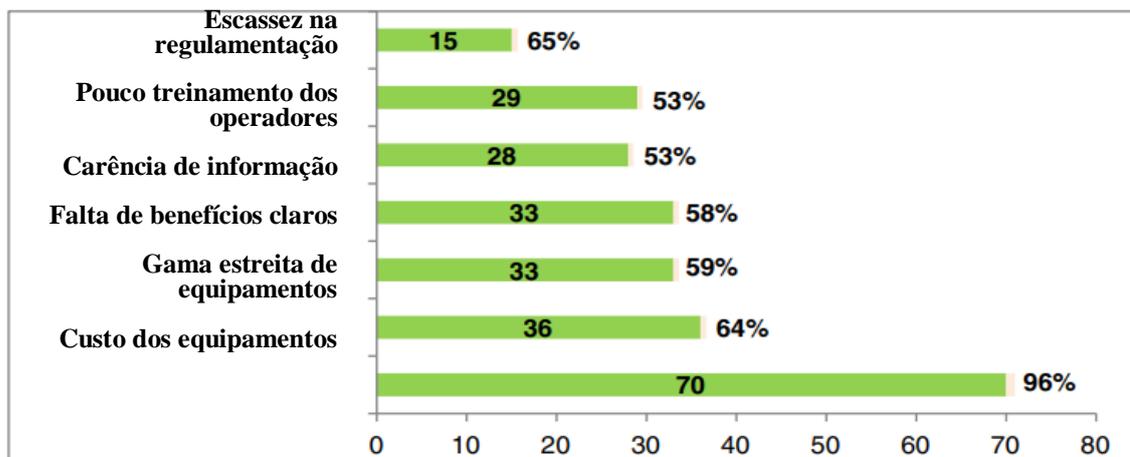
As principais vantagens do processamento por AP consistem na capacidade de manter a qualidade e frescor dos alimentos, preservando as propriedades sensoriais e nutricionais, uma vez que minimizam os efeitos térmicos acometidos pelos tratamentos convencionais. Este método de conservação elimina microrganismos vegetativos patogênicos e/ou deterioradores e, caso combinado com temperaturas mais elevadas, também pode apresentar efeito letal sobre esporos, reduzindo drasticamente a população de microrganismos deteriorantes o que resulta em alimentos seguros ao longo da sua vida útil (ORTEGA-RIVAS; SALMERÓN-OCHOA, 2014).

Em consequência à menor exposição ao calor, a alta pressão elimina os sabores cozidos induzidos termicamente e, em comparação com o processamento convencional, produz alimentos com melhor aparência. Além disso, a alta pressão pode promover alteração desejável da textura, e possibilita a redução ou eliminação de conservantes químicos produzindo alimentos com apelo positivo para o consumidor (SAN MARTÍN; BARBOSA-CÁNOVAS; SWANSON, 2002).

A técnica de alta pressão torna viável o tratamento de produtos termicamente sensíveis gerando inovação e vantagens competitivas. Além disso, a alta pressão é aplicada uniformemente em diferentes produtos, pode ser realizada no alimento contido já na embalagem final, reduzindo as chances de contaminação cruzada, e trata-se de uma técnica limpa, com tempo de processamento reduzido e sem evidência de toxicidade (FELLOWS, 2009).

Por outro lado, deve-se ressaltar que esta técnica também apresenta algumas desvantagens ou limitações. Como pode-se visualizar na Figura 12, algumas das principais limitações levantadas para a adoção da tecnologia de AP incluem nesta ordem: custo do equipamento, gama estreita de equipamentos, falta de benefícios claros, carência de informação, pouco treinamento dos operadores, escassez na regulamentação e outras (JERMANN et al., 2015).

Figura 12 – Número total e porcentagem de respostas apresentadas por empresas de alimentos indicando limitações para a adoção da nova tecnologia (JERMANN et al., 2015) **Outras**



Fonte: Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2015

O custo do equipamento de AP é superior ao equipamento de tratamentos térmicos convencionais. O preço desses maquinários, em escala comercial, varia entre 0,5 e 2,5 milhões de dólares, dependendo da capacidade e da extensão da automação (YALDAGARD; MORTAZAVI; TABATABAIE, 2008), fato responsável pela limitação de seu emprego. No entanto, avanços tecnológicos têm permitido cada vez mais uma redução dos investimentos e custos operacionais relativos a essa tecnologia, sendo está técnica já altamente aplicada em escala industrial. Demandas crescentes por alimentos de maior qualidade incentivam sua aplicação e o maior valor agregado ao produto pode compensar as limitações. Nessa

perspectiva, é esperado que haja uma ampliação do mercado de produtos conservados por esse tratamento (RODRIGUES, 2014).

Assim como outros processos, a alta pressão não pode ser aplicada para todos os tipos de alimentos. Para o efeito antimicrobiano, os alimentos devem ter em torno 40% de água livre (FELLOWS, 2009). Outras limitações como dificuldade na destruição de esporos e o pouco efeito na inativação enzimática sem a adição de calor foram reportados por Hendrickx (1998) principalmente em produtos com baixa acidez. Dessa forma, a técnica pode ser utilizada para eliminar a microbiota deteriorantes e prolongar a vida útil desses alimentos, porém por segurança estes devem ser comercializados sob refrigeração (SOUSA, 2015). Ademais, a restrição na escolha das embalagens compatíveis com o processamento contabiliza mais uma limitação. A Tabela 3 resume as principais vantagens e desvantagens desse método.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da utilização do método de alta pressão

Processamento por Alta Pressão	
Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Características do produto fresco são retidos, propriedades sensoriais e nutricionais permanecem quase intactas • Destruição dos microrganismos vegetativos patogênicos e deterioradores • Melhor aparência e possibilidade de alteração desejável da textura • Potencial para redução ou eliminação de conservantes químicos • Apelo positivo para o consumidor • Uniformidade do tratamento em todo o alimento • Tempos de processamento reduzidos • Sem evidência de toxicidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo do equipamento • Pouco efeito na atividade enzimática • Os alimentos devem ter em torno 40% de água livre para o efeito antimicrobiano • Opções limitadas de embalagens

Fonte: Da autora, 2020

4.4.5. Aplicação de AP em sucos de frutas

O processamento por alta pressão já vem sendo aplicado nos mais diversos tipos de sucos de frutas, alcançando resultados satisfatórios em relação a qualidade sensorial, inativação microbiológica e enzimática. Esta combinação de fatores estimula cada vez mais o interesse da indústria de alimentos nesse setor (CASTRO; SARAIVA, 2014). Os estudos selecionados, bem como a condição aplicada, característica avaliados e principais resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Efeito da alta pressão em diferentes sucos, bem como condição aplicadas, características avaliadas e principais resultados (continua)

Suco	Condição Aplicada	Microrganismo, Enzima ou Componente alvo	Resultado Obtido	Referência
Laranja	241 MPa/3 min	<i>Escherichia coli</i> e <i>Listeria innocua</i>	Redução de 5 ciclos log. de ambos microrganismos	(GUERRERO-BELTRAN; BARBOSA-CANOVAS; WELTI-CHANES, 2011)
Maçã, laranja, damasco e cereja	350 MPa/5 min	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> e <i>Salmonella enteritidis</i>	Redução em níveis inferiores ao limite de detecção	(BAYINDIRLI et al., 2006)
Beterraba	300 MPa/0 – 10 min	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Redução de 3,5 ciclos log. de <i>S. cerevisiae</i> . Nenhuma lesão subletal	(SOKOŁOWSKA et al., 2013)
Tangerina	300 MPa/5 min	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> e <i>Aspergillus awamori</i>	Redução de 5 ciclos log. de ambos microrganismos	(ORTEGA-RIVAS, 2012)
Maçã	400 MPa/0 – 10 min	Conídios produzidos por três <i>Penicillium</i> ssp. (<i>Penicillium expansum</i> , <i>Penicillium buhwaldii</i> e <i>Penicillium bialowiezense</i>)	Redução de mais de 5 ciclos log.	(NIEROP GROOT; ABEE; VAN BOKHORST-VAN DE VEEN, 2019)
Uva	50 – 250 MPa/5 – 15 min combinado com variação de temperatura de 20 – 40 °C	<i>Schizosaccharomyces pombe</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	A inativação microbiana aumentou com a temperatura, alcançando redução de 5 a 7 ciclos log.	(MERT; BUZRUL; ALPAS, 2013)
Mix de maçã, beterraba, cenoura, gengibre e limão	400 – 600 MPa/ 0 – 300 s	Redução da toxicidade da patulina (micotoxina)	A maior redução de patulina foi de 45 ppb (22,5 %) usando 600 MPa por 300 s.	(HAO et al., 2016)

Tabela 4 - Efeito da alta pressão em diferentes sucos, bem como condição aplicadas, características avaliadas e principais resultados (continua)

Maçã	430 MPa/7 min	PME ¹ e propriedades físico-químicas	Inativação total de PME. Não houve alterações significativas nas propriedades físico-químicas, valor nutritivo ou atributos sensoriais	(JUAREZ-ENRIQUEZ et al., 2015)
Ashitaba (<i>Angelica keiskei</i>)	550 MPa/90 s	Leveduras, fungos, coliformes, bactérias pseudomonas e <i>Bacillus cereus</i>	Leveduras, fungos, coliformes e bactérias pseudomonas foram inativados para níveis abaixo do limite de detecção. <i>B. cereus</i> sobreviveu e aumentou durante o armazenamento refrigerado	(CHAI et al., 2014)
Tomate	700 MPa/2 min	PG ² e PME ¹	Inativação de 99% da atividade de PG e 95% de PME	(KREBBERS et al., 2003)
Melão	500 MPa/20 min	LOX ³ , PPO ⁴ , POD ⁵ e sensorial	LOX, PPO, POD foram inativadas 5%, 9%, 78% respectivamente. Não houve alterações sensoriais significativas	(MA et al., 2010)
Damasco	300 – 500 MPa/5 – 20 min	PPO ⁴ , POD ⁵ , PME ¹	A PPO e a POD foram ativadas significativamente e a atividade da PME não foi alterada pelos tratamentos	(HENNING et al., 2017)
Cenoura	800 MPa/36 min	PME ¹	Inativação de 90% da atividade enzimática	(BALOGH et al., 2004)
Cenoura	600 MPa/5 min	α -caroteno, β -caroteno, PPO ⁴ , POD ⁵	Degradação de 26% dos carotenoides. PPO e POD foram inativadas 57% e 31% respectivamente	(STINCO et al., 2019)
Longan	500 MPa/30 min	PPO ⁴ , POD ⁵ , características nutricionais	A PPO apresentou maior taxa de degradação e foi mais resistente a pressão do que POD. O ácido ascórbico residual no suco pressurizado foi ainda mais alto que o suco tratado termicamente em todo o período de armazenamento subsequente. Não houve crescimento microbiano	(CHAIKHAM; APICHAARTSRANGKON; SEESURIYACHAN, 2014)

¹ Enzima Pectinametilsterase² Enzima Poligalacturonase³ Enzima Lipoxigenase⁴ Enzima Polifenoloxidase⁵ Enzima Peroxidase

Tabela 4 - Efeito da alta pressão em diferentes sucos, bem como condição aplicadas, características avaliadas e principais resultados (continua)

Maçã	400 MPa/3 min	Vitamina C	Quase não houve mudanças no teor de vitamina C. Retenção de aproximadamente 93,5%	(WIBOWO et al., 2019)
Goiaba	600 MPa/15 min	Sensorial	Perfil de sabor muito semelhante ao suco fresco	(YEN, GOW-CHIN; LIN, 1996)
Blueberry	200 – 600 MPa/5 – 15 min	Propriedades físico-química, nutricional e sensorial	A carga microbiana após os tratamentos esteve sempre abaixo do limite de detecção. Mais de 92% de retenção de ácido ascórbico. Aumento do conteúdo fenólico total. As mudanças de cor não foram visualmente detectáveis	(BARBA; ESTEVE; FRIGOLA, 2013)
Juçara e manga	600 MPa/5 min	Sensorial	O tratamento não causou alteração no teor de antocianina. Alta aceitação sensorial	(MOREIRA et al., 2017)
Toranja	402 MPa/3 min	Propriedades físico-químicas	Nenhum efeito sobre os níveis de ácido cítrico, flavonóides, limonóides. Sem crescimento microbiano por 28 dias de armazenamento refrigerado	(UCKOO et al., 2013)
Limão, maçã e goiaba	400-600 MPa/10-15 min	Propriedades físico-químicas e sensorial	Pouco efeito sobre o sabor e propriedades físico-químicas sem afetar significativamente o teor de ácido ascórbico	(YEN, GOW CHIN; LIN, 1999)
Laranja	500-800 MPa/5 min	Propriedades físico-químicas	Maior retenção de ácido ascórbico e, portanto, maior potencial antioxidante em comparação com suco processado de maneira convencional	(BULL et al., 2004)
Morango	600 MPa/0 – 10 min	Propriedades físico-químicas e sensoriais	O tratamento por 4 min foi suficiente para inativar bactérias, leveduras e bolores sem efeitos sobre sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, cor, fenóis totais e atividade antioxidante. O conteúdo de ácido ascórbico e antocianinas diminuiu 9,2% e 20,6%, respectivamente. A qualidade do aroma do suco foi melhor retida	(XU et al., 2011)

Tabela 4 - Efeito da alta pressão em diferentes sucos, bem como condição aplicadas, características avaliadas e principais resultados (conclusão)

Maracujá	300 MPa/5 min	Propriedades físico-químicas e sensorial	O suco pressurizado minimizou a perda sensorial e da qualidade nutricional quando comparado com suco processado de maneira convencional	(LABOISSIÈRE et al., 2007)
Maçã	600 MPa/5 min	Propriedades físico-químicas	Não foram observadas alterações significativas nos parâmetros físico-químicos (pH, sólidos solúveis totais, açúcares e vitamina C)	(MARSZALEK et al., 2019)
Chokeberry (<i>Aronia melanocarpa</i>)	400 MPa/15 min	Compostos bioativos	Maior retenção de compostos bioativos (capacidade antioxidante total e conteúdo fenólico) em comparação com suco processado de maneira convencional	(BŁASZCZAK; AMAROWICZ; GÓRECKI, 2017)
Manga	190 MPa/6 min	Capacidade antioxidante, propriedades físico-químicas e vida útil	Menores perdas de ácido ascórbico, carotenóides e fenóis totais, sem mudanças significativas nas propriedades físico-químicas. Este tratamento demonstrou ser uma opção melhor para a preservação da qualidade do suco de manga durante um período de armazenamento de 60 dias em comparação com o método térmico convencional	(ROOBAB et al., 2018)
Cenoura	3 ciclos de 300 MPa/5 min	Sensorial	Os sucos tratados por AP tiveram menos intensidade nas cores vermelho e amarelo em comparação ao suco de cenoura <i>in natura</i> . O coeficiente calculado, conhecido como diferença total de cor (ΔE), excedeu o valor de 5, o que significa que as alterações foram significativas mesmo para observadores inexperientes	(SZCZEPAŃSKA et al., 2020)

Fonte: Da autora, 2020

4.4.6. Panorama da Alta Pressão em escala industrial

Atualmente já existem diversas unidades comerciais do equipamento de alta pressão, cada qual com uma característica específica de design ou funcionalidade, sendo os principais fornecedores situados na Europa (DE MORAIS; FERREIRA; ROSENTHAL, 2014). Os equipamentos mais tradicionais podem atingir 600 MPa, mas algumas empresas, como a *Stansted Fluid Power*, já desenvolveram equipamentos capazes de atingir 1400 MPa em apenas poucos segundos. A *Hyperbaric*, *AVURE Technologies* e a *Multivac* têm disponível equipamentos de escala industrial em *layout* horizontal ou vertical e apresentam capacidade variável, de acordo com o tipo de alimento a ser processado (AVURE TECHNOLOGIES, 2020; HYPERBARIC, 2020; MULTIVAC, 2020; STANSTED FLUID POWER, 2020).

As figuras 13 e 14 exemplificam equipamentos de diferentes capacidades, *Hiperbaric 55* e o *Hiperbaric 525*, respectivamente. O primeiro tem uma câmara com volume de 55 litros e é ideal para pequenas e médias produções. Já o segundo equipamento tem capacidade de 525 litros e é capaz de processar 3.000 quilos de produto por hora. Ambos os equipamentos operam em bateladas e são patenteados pela marca *Hiperbaric – High Pressure Processing*.

Figura 13 - Equipamento *Hiperbaric 55*



Fonte: *Hiperbaric - High Pressure Processing*, 2012

Figura 14 - Equipamento *Hiperbaric 525*



Fonte: *Hiperbaric - High Pressure Processing*, 2012

O processamento por alta pressão pode ser aplicado a diferentes matrizes alimentares, incluindo produtos de origem animal como embutidos, peixe, pratos pré-cozidos, frutas, legumes e sucos. A multiplicidade de aplicação aliada às vantagens da nova técnica levou à sua comercialização em muitas regiões, incluindo Ásia (Japão, China e Coreia do Sul), América do Norte (Estados Unidos, Canadá e México), Europa (França, Reino Unido, Alemanha, Espanha, Portugal, Itália etc.) e Austrália. De acordo com a líder mundial na produção de equipamentos de alta pressão, *AVURE Technologies*, estima-se que o processamento de alimentos por AP represente um mercado de mais de 2 bilhões de dólares. Estão listados na Tabela 5 exemplos de alguns produtos que atualmente são comercializados com a técnica de conservação por alta pressão, bem como seu respectivo fabricante e o país em que são produzidos.

Tabela 5 - Alimentos processados por AP disponíveis comercialmente (BAJOVIC; BOLUMAR; HEINZ, 2012)

Produtos	Fabricante	País
Geleias, compota de fruta, iogurte, gelatina	Meida-Ya	Japão
Carne bovina	Fuji Ciku Mutterham	Japão
Guacamole, antepastos, refeições prontas, suco de frutas	Avomex	EUA
Hummus	Hannah International	EUA
Suco de frutas e vegetais	Odwalla	EUA
Produtos processados de aves	Purdue Farms	EUA
Ostras	Motivatit Seafoods	EUA
Carnes curadas ou cozidas	Santa Maria Foods	Canadá
Suco de frutas	Pampryl	França
Suco de maçã	Frubaca	Portugal
Presunto fatiado e salame	Espuña	Espanha
Suco de frutas e smoothies	Orchard House	Inglaterra
Aperitivos de carne e queijo	Deli 24	Inglaterra
Embutidos fermentados	Chris Tim	Romenia
Carnes infundadas com azeite extra virgem	Creta Farm	Grécia
Carpaccio	Zwaneberg	Holanda

Fonte: Emerging Technologies for food processing, 2014

Observa-se que no mercado externo já existem muitas marcas que investiram na produção de alimentos conservados por alta pressão, o que confirma o grande potencial de uso dessa técnica. No Brasil, em 2013, foi produzido pela Natural One o primeiro suco de frutas por AP (DE MORAIS; FERREIRA; ROSENTHAL, 2014), porém, por questões desconhecidas, a empresa atualmente comercializa apenas sucos conservados pelo método convencional de pasteurização e envase a frio. Por outro lado, outros setores da indústria brasileira já fazem uso desse método, entre eles a marca Sadia, do grupo BRF, com frios fatiados da linha “soltíssimo”.

A empresa *Hiperbaric* afirma que sua base de instalação atualmente excede 270 unidades industriais, em 5 continentes e mais de 40 países, sendo mais de vinte clientes no setor

de sucos e bebidas (HIPERBARIC, 2020). As Figuras 15, 16 e 17 exemplificam produtos que fazem o uso dessa técnica através dos equipamentos *Hiperbaric*.

Figura 15 - Suco de maçã, morango e banana produzido na Itália pela marca Macè



Fonte: MACÈ S.R.L., 2020

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta pressão é uma tecnologia emergente de conservação não térmica que surgiu no cenário onde a indústria vem buscando minimizar as depreciações na qualidade sensorial e nutricional dos alimentos causadas pelo tradicional tratamento térmico, indo assim, de encontro as novas demandas do consumidor moderno. A alta pressão é uma técnica promissora, que permite a obtenção de produtos seguros, com o mínimo de processamento, sem, no entanto, provocar alterações significativas em suas características nutricionais ou sensoriais. Embora apresente algumas limitações, essa técnica já vem sendo amplamente difundida, sendo aplicado nos mais diversos produtos em escala industrial. Em sucos de frutas particularmente, pode-se verificar por meio de inúmeros estudos na literatura, que a alta pressão vem demonstrando resultados encorajadores. De maneira geral, pode-se concluir que a tendência do mercado é de ampliar a adesão a esta técnica, pois demandas progressivas por alimentos de maior qualidade incentivam sua aplicação e o maior valor agregado ao produto final pode compensar limitações acarretadas pelo custo inicial de investimento.

REFERÊNCIAS

- ABIR – **Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas**. Disponível em: < <https://abir.org.br/o-setor/dados/>>. Acesso 5 Jan 2020.
- AVURE TECHNOLOGIES. **High Pressure Equipment**. 2020. Disponível em: <<https://www.avure-hpp-foods.com/hpp-equipment/>>. Acesso em 01 Mar 2020.
- AUGUSTO, Pedro E.D.; TRIBST, Alline A.L.; CRISTIANINI, Marcelo. High Hydrostatic Pressure and High-Pressure Homogenization Processing of Fruit Juices. **Fruit Juices Extr. Compos. Qual. Anal.** [S.l: s.n.], 2018. .
- BAJOVIC, Bajo; BOLUMAR, Tomas; HEINZ, Volker. **Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products**. **Meat Science**. [S.l: s.n.], 2012
- BALOGH, Teréz et al. Thermal and high-pressure inactivation kinetics of carrot pectinmethylesterase: From model system to real foods. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2004.
- BARBA, Francisco J.; ESTEVE, Maria J.; FRIGOLA, Ana. Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. **Food Research International**, 2013.
- BAYINDIRLI, Alev et al. Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices. **Food Control**, 2006.
- BINOTI, Mirella Lima et al. Campo elétrico pulsado. **Ciencia Rural**, 2012.
- BŁASZCZAK, Wioletta; AMAROWICZ, Ryszard; GÓRECKI, Adrian R. Antioxidant capacity, phenolic composition and microbial stability of aronia juice subjected to high hydrostatic pressure processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2017.
- BRASIL. Instrução Normativa N° 19, De 19 De Junho De 2013. **Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento**, 2013.
- BRASIL. Lei N° 8.918, De 14 De Julho De 1994. **Diário da República, 1ª série - nº 116**, 2015.
- BULL, Michelle K. et al. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2004.
- BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: Chemical aspects. 1 jan. 2002, [S.l.]: Elsevier, 1 jan. 2002. p. 279–284.
- CAMPOS, Flávio Peckolt; DOSUALDO, Levy Gustavo; CRISTIANINI, Marcelo. Utilização da Tecnologia de Alta Pressão no Processamento de Alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2003.

CANZIAN, Renato; MAXIMIANO, Flavio Antonio. Princípio de Le Chatelier: o que tem sido apresentado em livros didáticos? **Química Nova na Escola**, 2010.

CASTRO, Sónia Marília; SARAIVA, Jorge Alexandre. High-Pressure Processing of Fruits and Fruit Products. **Emerg. Technol. Food Process.** [S.l: s.n.], 2014. .

CHAI, Changhoon et al. A combination of TiO₂-UV photocatalysis and high hydrostatic pressure to inactivate *Bacillus cereus* in freshly squeezed *Angelica keiskei* juice. **LWT - Food Science and Technology**, 2014.

CHAIKHAM, Pittaya; APICHARTSRANGKOON, Arunee; SEESURIYACHAN, Phisit. Physical and biochemical qualities of pressurized and pasteurized longan juices upon storage. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 2014.

CHAKRABORTY, Snehasis et al. **High-pressure inactivation of enzymes: A review on its recent applications on fruit purees and juices. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.** [S.l: s.n.] , 2014

CHEFTEL, J. Claude. Review : High-pressure, microbial inactivation and food preservation. **Food Science and Technology International**, 1995.

CORRÊA NETO, Randolpho da Silva; FARIA, José de Assis Fonseca. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 1999.

CORREIA, Laura Fernandes Melo; FARAONI, Aurélia Santos; SANT'ANA, Helena Maria Pinheiro. Efeitos do processamento industrial de alimentos na estabilidade de vitaminas. **Alim. Nutr.**, 2008.

CULLEN, P. J.; TIWARI, Brijesh K.; VALDRAMIDIS, Vasilis P. Status and Trends of Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods. **Nov. Therm. Non-Thermal Technol. Fluid Foods.** [S.l.]: Elsevier Inc., 2012. p. 1–6.

DA COSTA, MARIA CRISTINA; DELIZA, ROZIREZ; ROSENTHAL, AMAURI. REVISÃO: TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS E O IMPACTO NO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 1999.

DA SILVA, Suse Botelho et al. **Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. Semina: Ciências Agrárias.** [S.l: s.n.] , 2011

DE HEER, J. The principle of Le Chatelier and Braun. **Journal of Chemical Education**, 1957.

DE MORAIS, Ana Carolina Nunes; FERREIRA, Elisa Helena Da Rocha; ROSENTHAL, Amauri. APLICAÇÃO DE ALTA PRESSÃO ISOSTÁTICA NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS: UMA REVISÃO. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 2014.

DELGADO, Antonio et al. Fluid Dynamics in Novel Thermal and Non-Thermal Processes. **Nov. Therm. Non-Thermal Technol. Fluid Foods.** [S.l: s.n.], 2012. .

DEMIRCI, A.; PANICO, L. Pulsed ultraviolet light. **Food Science and Technology**

International, 2008.

FARKAS, D. F.; HOOVER, D. G. High pressure processing. **Journal of Food Science**, 2000.

FDA, Technologists Institute of Food Administration for the Food and Drug. **Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies**. . [S.l: s.n.], 2000.

FELLOWS, P. J. **Food processing technology: Principles and practice: Third edition**. [S.l: s.n.], 2009.

FERREIRA, ELISA HELENA DA ROCHA; PESSOA MASSON, LOURDES MARIA; ROSENTHAL, AMAURI. EFEITO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA NOS MICRORGANISMOS. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 2008.

GASPARETTI, Fabricia. Alta pressão hidrostática: tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Aleph**, 2014.

GUERRERO-BELTRAN, Jose A.; BARBOSA-CANOVAS, Gustavo V.; WELTI-CHANES, Jorge. High hydrostatic pressure effect on natural microflora, *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*, and *Listeria Innocua* in navel orange juice. **International Journal of Food Engineering**, 2011.

GUPTA, Rockendra; BALASUBRAMANIAM, V. M. High-Pressure Processing of Fluid Foods. **Nov. Therm. Non-Thermal Technol. Fluid Foods**. [S.l: s.n.], 2012. .

HAO, Heying et al. High hydrostatic pressure assisted degradation of patulin in fruit and vegetable juice blends. **Food Control**, 2016.

HENDRICKX, M. et al. **Effects of high pressure on enzymes related to food quality**. **Trends in Food Science and Technology**. [S.l: s.n.]. , 1998

HENNING, Susanne M. et al. Health benefit of vegetable/fruit juice-based diet: Role of microbiome. **Scientific Reports**, 2017.

HUANG, Hsiao Wen et al. **Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing**. **Food Control**. [S.l: s.n.]. , 2014

JAY, James M. Other Food Preservation Methods. **Mod. Food Microbiol**. [S.l: s.n.], 2000. .

JERMANN, Colette et al. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2015.

JUAREZ-ENRIQUEZ, E. et al. Shelf life studies on apple juice pasteurised by ultrahigh hydrostatic pressure. **LWT - Food Science and Technology**, 2015.

KALAYCIOĞLU, Zeynep; ERIM, F. Bedia. **Total phenolic contents, antioxidant activities, and bioactive ingredients of juices from pomegranate cultivars worldwide**. **Food Chemistry**. [S.l: s.n.]. , 2017

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E. Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a

comparative study. **International Journal of Food Microbiology**, 2001.

KREBBERS, Bregje et al. Combined high-pressure and thermal treatments for processing of tomato puree: Evaluation of microbial inactivation and quality parameters. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2003.

LABOISSIÈRE, L. H.E.S. et al. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of yellow passion fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2007.

LIMA TRIBST, Alline Artigiani; DE SOUZA SANTÁNA, Anderson; DE MASSAGUER, Pilar Rodriguez. **Review: Microbiological quality and safety of fruit juices past, present and future perspectives Microbiology of fruit juices Tribst et al. Critical Reviews in Microbiology**. [S.l: s.n.], 2009

MA, Yongkun et al. Effect of uhp on enzyme, microorganism and flavor in cantaloupe (cucumis melo L.) juice. **Journal of Food Process Engineering**, 2010.

MARSZALEK, Krystian et al. Enzyme inactivation and evaluation of physicochemical properties, sugar and phenolic profile changes in cloudy apple juices after high pressure processing, and subsequent refrigerated storage. **Journal of Food Process Engineering**, 2019.

MERCALI, Giovana Domeneghini et al. Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: Effect of electric field frequency. **Journal of Food Engineering**, 2014.

MERT, Mecnun; BUZRUL, Sencer; ALPAS, Hami. Effects of high hydrostatic pressure on microflora and some quality attributes of grape juice. **High Pressure Research**, 2013.

MERTENS, B; DEPLACE, G. Engineering aspects of high-pressure technology in the food industry. **Food Technology**, 1993.

MOREIRA, Rosângela Maria et al. Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. **LWT - Food Science and Technology**, 2017.

MUKHOPADHYAY, Sudarsan et al. Inactivation of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in cantaloupe puree by high hydrostatic pressure with/without added ascorbic acid. **International Journal of Food Microbiology**, 2016.

MULLIN, J. Microwave processing. **New Methods Food Preserv.** [S.l: s.n.], 1995. .

NASCIMENTO, K. O.; SILVA, C. P.; BARBOSA, M. I. M. J. UTILIZAÇÃO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA COMO UMA TECNOLOGIA EMERGENTE NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS | Nascimento | Acta Tecnológica. **Acta Tecnológica**, 2013. Disponível em:

<<https://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/104>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

NEVES, Leandro Camargo; MANZIONE, Rodrigo Lilla; VIEITES, Rogério Lopes. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus persica* var. *Nucipersica*)

frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2002.

NIEROP GROOT, Masja; ABEE, Tjakko; VAN BOKHORST-VAN DE VEEN, Hermien. Inactivation of conidia from three *Penicillium* spp. isolated from fruit juices by conventional and alternative mild preservation technologies and disinfection treatments. **Food Microbiology**, 2019.

NORTON, Tomás; SUN, Da Wen. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. **Food and Bioprocess Technology**, 2008.

OLIVEIRA, V. S.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. EFEITO DO ULTRASSOM DE BAIXA FREQUÊNCIA DE ALTA POTÊNCIA DE PROCESSAMENTO NA ESTABILIDADE DO LICOPENO PURO E EM TOMATES. 2015, [S.l: s.n.], 2015.

ORTEGA-RIVAS, Enrique. Ultrahigh hydrostatic pressure. **Food Eng. Ser.** [S.l: s.n.], 2012. .

ORTEGA-RIVAS, Enrique; SALMERÓN-OCHOA, Iván. **Nonthermal Food Processing Alternatives and Their Effects on Taste and Flavor Compounds of Beverages. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.** [S.l: s.n.], 2014

PAN, Z.; ATUNGULU, G.G. The potential of novel infrared food processing technologies: case studies of those developed at the USDA-ARS Western Region Research Center and the University of California-Davis. **Case Stud. Nov. Food Process. Technol.** [S.l.]: Elsevier, 2010. p. 139–208.

PENNA, T. C.V. Esterilizacao termica. Conceitos basicos da cinetica de morte microbiana. 1997, [S.l: s.n.], 1997.

RASTOGI, N. K. et al. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2007.

RASTOGI, Navin K. Infrared Heating of Fluid Foods. **Nov. Therm. Non-Thermal Technol. Fluid Foods.** [S.l: s.n.], 2012. .

RICHARDSON, Philip. Thermal technologies in food processing. **Therm. Technol. food Process.** [S.l: s.n.], 2001. .

RODRIGUES, F M.et. al. Alta pressão hidrostática na conservação de alimentos: um enfoque para o processamento de sucos. **Journal of Bioenergy and Food Science**, 2014.

ROOBAB, Ume et al. The Impact of Nonthermal Technologies on the Microbiological Quality of Juices: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2018.

SAN MARTÍN, M. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; SWANSON, B. G. Food processing by high hydrostatic pressure. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2002.

SASTRY, S. Ohmic heating and moderate electric field processing. **Food Science and Technology International**, 2008.

SMELT, J. P.P.M. **Recent advances in the microbiology of high pressure processing. Trends in Food Science and Technology.** [S.l: s.n.], 1998

SOKOŁOWSKA, B. et al. The effect of high hydrostatic pressure on the survival of *Saccharomyces cerevisiae* in model suspensions and beetroot juice. 2013, [S.l: s.n.], 2013.

SOUSA, Maria. **Pasteurização a frio**. Disponível em: <https://issuu.com/mariasousa859/docs/pasteuriza_o_a_frio>. Acesso em: 17 mar. 2020.

STINCO, Carla M. et al. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. **Food Chemistry**, 2019.

SUN, Da Wen. **Emerg. Technol. Food Process**. [S.l: s.n.], 2005.

SZCZEPAŃSKA, Justyna et al. High pressure processing of carrot juice: Effect of static and multi-pulsed pressure on the polyphenolic profile, oxidoreductases activity and colour. **Food Chemistry**, 2020.

TAKAGI, Maya; BELIK, Walter. **A Implantação da Política de Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil: seus limites e desafios. Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente - Insituto de Economia**. [S.l: s.n.], 2006

TAO, Yang; HOGAN, Eamonn; KELLY, Alan L. Chapter 1 – High-Pressure Processing of Foods: An Overview. **Emerg. Technol. Food Process**. [S.l: s.n.], 2014. .

TEWARI, Gaurav. Thermal Processing of Liquid Foods with or without Particulates. **Adv. Therm. Non-Thermal Food Preserv**. [S.l: s.n.], 2007. .

TING, E. Y.; MARSHALL, R. G. Production issues related to UHP food. **Eng. Food 21st Century**. [S.l: s.n.], 2002. .

TIWARI, B. K. et al. Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2009.

UCKOO, Ram M. et al. High pressure processing controls microbial growth and minimally alters the levels of health promoting compounds in grapefruit (*Citrus paradisi* Macfad) juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2013.

VASCONCELOS, M. A. S. **Conserv. Aliment**. [S.l: s.n.], 2010.

WIBOWO, Scheling et al. Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal pasteurization on quality attributes of cloudy apple juice using targeted and untargeted analyses. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2019.

XU, Wen-wen et al. Effects of High Hydrostatic Pressure (HHP) Processing on Microbial Inactivation and Quality of Strawberry Nectar [J]. **Food Science**, 2011.

YALDAGARD, Maryam; MORTAZAVI, Seyed Ali; TABATABAIE, Farideh. **The principles of ultra high pressure technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects**. **African Journal of Biotechnology**. [S.l: s.n.], 2008

YEN, Gow-Chin; LIN, Hsin-Tang. Comparison of high pressure treatment and thermal pasteurization effects on the quality and shelf life of guava puree. **International Journal of Food Science and Technology**, 1996.

YEN, Gow Chin; LIN, Hsin Tang. Changes in volatile flavor components of guava juice with high-pressure treatment and heat processing and during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1999.