



GABRIELA PAPAZOGLU BACCI

**TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS E EMERGENTES NA
CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS: UMA
REVISÃO ATUALIZADA**

**LAVRAS - MG
2022**

GABRIELA PAPAZOGLU BACCI

**TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS E EMERGENTES NA CONSERVAÇÃO DE
FRUTAS E HORTALIÇAS: UMA REVISÃO ATUALIZADA**

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.

Prof. Dr. Leonardo do Prado Silva
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

GABRIELA PAPAZOGLU BACCI

**TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS E EMERGENTES NA CONSERVAÇÃO DE
FRUTAS E HORTALIÇAS: UMA REVISÃO ATUALIZADA**

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.

APROVADA em 11 de abril de 2022

Dr. Leonardo do Prado Silva DCA/UFLA

Dr^a Elisangela Elena Nunes Carvalho DCA/UFLA

Dr^a Ana Alice Andrade Oliveira DCA/UFLA

Prof. Dr. Leonardo do Prado Silva
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos e por ter me dado forças para chegar até aqui.

Aos meus pais, Cristiane e Marcelo, por todo apoio, ensinamentos e amor incondicional. Por sempre acreditarem em mim e nunca me deixarem desistir dos meus sonhos. Amo vocês!

Às minhas avós, Constantina e Maria Benedita, pela paciência, carinho e suporte, que fizeram toda a diferença na minha trajetória.

Às minhas amigas de longa data, Caroline e Julia, por me incentivarem e por todos esses anos de amizade.

Às minhas amigas e companheiras, Rafaela, Renata e Sarah, por terem se tornado família e transformado momentos árdusos em mais fáceis. Obrigada por todos os momentos compartilhados.

Aos meus amigos do Grupo CRM, por todas as experiências e ocasiões vividas.

Aos meus colegas de graduação por toda convivência, aprendizados e parceria.

Ao meu orientador, professor Leonardo, pela orientação, confiança, dedicação e disposição para ajudar.

Aos professores por todos os conhecimentos transmitidos, em especial aos do Departamento de Ciência dos Alimentos.

À Universidade Federal de Lavras por todos os aprendizados e oportunidades.

A todos aqueles que torceram e me apoiaram nesta jornada.

Muito obrigada!

RESUMO

Devido à crescente procura por alimentos saudáveis, *in natura*, com características nutricionais e sensoriais agradáveis e com maior vida útil, a indústria de alimentos está em constante inovação tecnológica. Em virtude dessa realidade, as frutas e hortaliças são uma das classes de alimentos mais procuradas pelos consumidores. Porém, frutas e hortaliças possuem uma vida útil reduzida já que continuam tendo metabolismo acelerado e as transformações químicas permanecem acontecendo após sua colheita. Dessa forma, faz-se necessário a utilização de métodos que aumentem sua vida útil, garantindo a qualidade e a segurança microbiológica, mas sem alterar as características sensoriais e nutricionais dos produtos. Para isso, existem diversas tecnologias disponíveis para a conservação de frutas e hortaliças, como tratamento térmico, modificação de atmosfera, refrigeração, uso de aditivos, branqueamento e pasteurização. Contudo, essas tecnologias convencionais podem alterar as características organolépticas dos alimentos. Por isso, um dos maiores desafios da indústria alimentícia é desenvolver e empregar tecnologias emergentes de processamento que retenham ou criem as características sensoriais desejadas, prolongando a vida útil dos alimentos sem promover alterações nutricionais indesejáveis. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre tecnologias emergentes na conservação de frutas e hortaliças, como alta pressão hidrostática, aquecimento ôhmico, irradiação, luz ultravioleta e métodos combinados. Além disso, outras tecnologias, como liofilização, esterilização e desidratação também foram estudadas. Com a pesquisa foi possível observar que as novas tecnologias de conservação possuem diversas vantagens e aplicações e estão sendo cada vez mais exploradas. Entretanto, existem desafios em sua aplicação em frutas e hortaliças, como alto custo e limitações técnicas.

Palavras-chave: Tecnologias emergentes; Tecnologias convencionais; Conservação; Frutas e hortaliças.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT: Acidez Total Titulável

SST: Sólidos Solúveis Totais

PPO: Polifenoloxidase

PME: Pectinametilesterase

AC: Ácido acético

AG: Ácido giberélico

FQ: Físico-química

US: Ultrassom

UV: Ultravioleta

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições de estocagem refrigerada para frutas e hortaliças.	17
Tabela 2: Conteúdo de água e ponto de congelamento de hortaliças e frutas.	18
Tabela 3: Conservantes alimentares para frutas e hortaliças.	21
Tabela 4: Tipos de luz ultravioleta e seus comprimentos de onda.	24
Tabela 5: Níveis aprovados de irradiação em alimentos.	28
Tabela 6: Impacto do tratamento com ultrassom sob as propriedades físico-químicas, nutricionais e compostos bioativos de sucos	31
Tabela 7: Aplicação do ultrassom em frutas, hortaliças e produtos processados de origem vegetal	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. METODOLOGIA	11
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
4.1 Conservação de frutas e hortaliças	12
4.2 Tecnologias convencionais na conservação de frutas e hortaliças	12
4.2.1 Tecnologias por aplicação de calor	12
4.2.2 Tecnologias por remoção de calor	16
4.2.3 Outras tecnologias	19
4.3 Tecnologias emergentes na conservação de frutas e hortaliças	21
4.3.1 Alta pressão hidrostática.....	22
4.3.2 Luz ultravioleta	23
4.3.3 Aquecimento ôhmico.....	25
4.3.4 Irradiação	27
4.3.5 Ultrassom	29
4.3.6 Plasma frio	34
4.3.7 Campo elétrico pulsado	35
4.3.8 Ozônio	36
4.3.9 Métodos combinados.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas e hortaliças do mundo e os consumidores estão cada vez mais preocupados e exigentes com relação à qualidade dos produtos que adquirem, buscando alimentos mais saudáveis, menos processados e livres de conservantes químicos. Entretanto, as frutas e hortaliças são muito suscetíveis a processos de contaminação e deterioração, ocasionados sobretudo por micro-organismos, enzimas e reações do oxigênio com o ar.

Nesse contexto, a crescente demanda do mercado consumidor por produtos de alta qualidade revela a necessidade da utilização de tecnologias que propiciem segurança microbiológica na produção de alimentos, aumentando sua vida útil e que ainda proporcionem mínimas alterações na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos.

Os tratamentos térmicos como pasteurização, desidratação e branqueamento são os mais utilizados na conservação de frutas e hortaliças por serem considerados tecnologias efetivas, econômicas e facilmente disponíveis, porém, apresentam a desvantagem de causar danos à composição nutricional e muitas vezes nas características sensoriais (BINOTI; RAMOS, 2015).

Com isso, as indústrias de alimentos têm sido impulsionadas a se preocuparem com essa demanda para que possam participar de forma efetiva em um mundo cada vez mais competitivo. Para isso, o mercado tem buscado novas formas de consumo para propor um maior valor agregado às frutas e hortaliças, assim como métodos mais eficientes de conservação que possam manter ou melhorar as suas qualidades sensoriais e nutricionais.

Por isso, as pesquisas estão avançando no sentido da utilização de tecnologias que alterem o mínimo possível as características originais (sabor, cor, aroma e composição nutricional) dos alimentos e que mantenham as propriedades benéficas dos produtos e atendam a todas as demandas dos consumidores, resultando na obtenção de produtos com valor aumentado e despertando novas expectativas para a agricultura e para a indústria (BINOTI; RAMOS, 2015).

Desse modo, as tecnologias emergentes para a conservação de frutas e hortaliças como alta pressão hidrostática, aquecimento ôhmico, campo elétrico pulsado e ozônio estão cada dia mais sendo utilizadas e estudadas, a fim de atender as expectativas do mercado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo geral realizar uma revisão de literatura sobre as principais tecnologias convencionais e emergentes aplicadas na conservação de frutas e hortaliças.

2.2 Objetivos específicos

- Abordar a conservação de frutas e hortaliças;
- Apresentar e discutir as principais tecnologias convencionais e emergentes na conservação de frutas e hortaliças.

3. METODOLOGIA

Realizou-se um estudo através de uma pesquisa bibliográfica, considerando a relevância do tema, sobre as principais tecnologias emergentes na conservação de frutas e hortaliças. A revisão bibliográfica foi realizada através de consulta em fontes como artigos, periódicos científicos, livros, teses, dissertações e revistas científicas.

As buscas foram realizadas a partir de uma pesquisa qualitativa em bases de dados, sendo os principais instrumentos para busca de dados Google Acadêmico, Scielo (Scientific Electronic Library) e Periódicos CAPES. As palavras chaves utilizadas nas buscas foram: “conservação de alimentos”, “frutas e hortaliças”, “métodos de conservação emergentes”, “métodos térmicos” e “métodos não térmicos”.

O trabalho foi iniciado tendo como primeira etapa a definição do tema da pesquisa e seu objetivo. Posteriormente iniciou-se a segunda etapa que consistiu na busca na literatura e seleção de referências bibliográficas através de pesquisas realizadas nas bases de dados. Para isso foram escolhidos trabalhos publicados, em sua maioria, entre 2010 e 2021 e os mais relevantes na área em estudo.

Por fim, na última etapa foram realizados estudos e análises, a fim de selecionar de forma criteriosa as literaturas que foram utilizadas neste estudo para garantir a credibilidade do trabalho, e dessa forma, a escrita do referencial teórico foi desenvolvida baseada nos trabalhos selecionados, com foco nas tecnologias emergentes de conservação de frutas e hortaliças.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Conservação de frutas e hortaliças

O processo de conservação dos alimentos pode-se basear na inativação total ou parcial dos micro-organismos ou, ainda, na modificação ou eliminação de fatores que contribuem para a sua multiplicação (OPAS/OMS, 2019).

Os fatores que podem favorecer a multiplicação microbiana nas frutas e hortaliças podem ser intrínsecos ou extrínsecos, e seu entendimento é essencial para selecionar os métodos de conservação mais adequados a serem aplicados.

Frutas e hortaliças quando colhidas continuam tendo metabolismo acelerado e as transformações químicas continuam acontecendo. Por isso, na escolha do método de conservação a ser aplicado, é importante analisar alguns aspectos como pH, atividade de água, teor de vitaminas, presença de condições favoráveis ao crescimento de micro-organismos e condições de estocagem e distribuição a que o produto será exposto.

De modo geral, os processos de conservação podem agir diretamente sobre os micro-organismos, como os métodos de esterilização e pasteurização, ou indiretamente, como emprego do frio e de aditivos (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

São diversas as técnicas de conservação existentes para frutas e hortaliças. Dentre elas tem-se os processos que utilizam calor, os que removem calor e outros que utilizam métodos alternativos.

Além disso, cada vez mais a população vem procurando produtos de alta qualidade, que propiciem segurança microbiológica na produção, aumentando sua vida útil, e que ainda proporcionem mínimas alterações na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos.

Dessa maneira, torna-se necessário o estudo e a utilização de novas tecnologias de conservação.

4.2 Tecnologias convencionais na conservação de frutas e hortaliças

4.2.1 Tecnologias por aplicação de calor

Atualmente a aplicação de calor continua sendo um dos métodos mais utilizados e importantes na conservação dos alimentos e no combate de agentes patogênicos e deteriorantes.

Dessa forma, a utilização das altas temperaturas na conservação de alimentos tem efeitos destrutivos sobre os micro-organismos. O calor desnatura as proteínas e inativa as enzimas necessárias ao metabolismo microbiano, reduzindo a níveis seguros a contaminação microbiológica dos alimentos (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Além disso, tecnologias por aplicação de calor conferem efeitos desejáveis na qualidade sensorial do produto e possuem inúmeros benefícios, como:

- Aumento da vida útil;
- Permite armazenamento sem refrigeração, em alguns casos;
- Facilita o controle das condições de processamento;
- Inativa as enzimas responsáveis pelo escurecimento e oxidações;
- Destroi fatores antinutricionais;
- Aumenta a disponibilidade de nutrientes (OPAS/OMS, 2019).

Entretanto, apesar das muitas vantagens, a aplicação do calor pode destruir componentes dos alimentos responsáveis pelo sabor, cor e textura.

Desse modo, para minimizar os efeitos indesejáveis, faz-se o uso de combinações de temperaturas mais elevadas e tempos menores no processamento térmico (OPAS/OMS, 2019).

Ainda, estudos sobre processos, métodos e tecnologias vêm sendo realizados a fim de identificarem melhores condições operacionais e causarem o menor dano possível aos alimentos, para a obtenção de produtos de melhor qualidade.

Assim, para a conservação de frutas e hortaliças serão listados a seguir, os principais métodos utilizados com aplicação de calor.

I. Branqueamento:

O branqueamento tem como finalidade inativar enzimas que podem causar reações de deterioração e escurecimento não desejáveis no alimento, bem como atribuir maciez e fixação da coloração. Além disso, reduz os micro-organismos que estão presentes na superfície do produto.

O processo pode variar de acordo com o tipo e tamanho do alimento, e utiliza como fonte de calor a água quente ou vapor d'água, a uma temperatura que pode variar de 70°C a 100°C, por um período de tempo entre 1 a 5 minutos (BARROS et al., 2020).

O processo de branqueamento consiste em mergulhar ou passar as frutas e hortaliças na água fervente ou no vapor d'água, e então retirá-los imediatamente, mergulhando os mesmos em água fria para o seu resfriamento, para evitar o amolecimento excessivo de seus tecidos (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Entretanto, o branqueamento é considerado um tratamento térmico brando, sendo assim utilizado como um pré-tratamento. Assim, é utilizado em combinação com algum outro método de conservação, como enlatamento, no caso de frutas em conserva.

De um modo geral, os principais objetivos do branqueamento para frutas e hortaliças são:

- Inativação de enzimas responsáveis pelo escurecimento;
- Destruição parcial dos micro-organismos;
- Manutenção da cor e da textura dos alimentos (OPAS/OMS, 2019).

II. *Pasteurização:*

A pasteurização é mais utilizada para suco de frutas e frutas e vegetais em conserva, e consiste em aquecer o alimento a temperaturas inferiores a 100°C, com o objetivo de destruir micro-organismos patogênicos e inativar enzimas.

Contudo, como a pasteurização não destrói todos os micro-organismos é recomendado a combinação com outro método, como refrigeração e adição de conservantes (BARROS et al., 2020).

Nas conservas de frutas e vegetais, a pasteurização é capaz de destruir micro-organismos deteriorantes e inativar enzimas, aumentando, assim, a vida útil do produto. Porém, podem ocorrer pequenas alterações nas características sensoriais ou no valor nutricional do alimento.

Já para alimentos líquidos, como os sucos de frutas, a pasteurização é realizada após o envase dos produtos.

III. *Esterilização:*

A esterilização é um tratamento térmico que inativa todos os micro-organismos patogênicos e deterioradores que possam crescer sob condições normais de estocagem. (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Neste processo, o alimento é aquecido a uma temperatura superior a 100°C, por um tempo suficiente para destruir a atividade microbiana e enzimática.

Dessa forma, os alimentos podem ser estocados sem refrigeração, em temperatura ambiente e possuem uma vida útil maior.

O tempo necessário para obter a esterilização comercial de um alimento pode ser influenciado por alguns fatores, como:

- Resistência ao calor dos micro-organismos e enzimas;
- Condições do aquecimento;
- Composição e pH do alimento;
- Estado físico do alimento (OPAS/OMS, 2019).

Para a conservação de frutas e hortaliças, a esterilização é utilizada para frutas em conserva enlatadas, e o processo é então chamado de apertização.

Assim, a apertização se dá pelo aquecimento do produto, a temperaturas entre 110-125°C, em recipientes hermeticamente fechados, fazendo-se o uso do vácuo e de sistemas sob pressão, até a destruição dos micro-organismos, sem modificação do resultado final dos alimentos.

Além disso, o tempo e a temperatura do processamento devem ser definidos tendo em vista a resistência ao calor de esporos de *Clostridium botulinum*.

Após o aquecimento, o produto deve ser imediatamente resfriado, para que seja interrompido o efeito da temperatura e evite a alteração sensorial do produto.

IV. Desidratação:

A desidratação consiste na aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maior parte da água presente em um alimento.

O processo de secagem ou desidratação consiste em colocar o alimento em um local onde passe um volume de ar seco e quente, promovendo a transferência de umidade para o ar. Ou, também pode ser realizado de forma natural, deixando o produto sob o sol, em local seco, ou adicionando cloreto de sódio ao alimento (FAUSTINO, 2013).

Outra forma de desidratar frutas e hortaliças é através da desidratação osmótica, que consiste em imergir o alimento em uma solução aquosa concentrada com agentes de alta pressão osmótica para a remoção parcial de água (COVRE, 2013).

Com a redução da atividade de água, há inibição do crescimento de micro-organismos e da atividade enzimática e com isso, há o aumento da vida útil do produto.

Além disso, a redução da atividade de água também permite a redução de peso e volume, facilitando o transporte e distribuição e reduzindo os custos com embalagens, aumentando a praticidade.

Ainda, as frutas desidratadas têm capacidade de reidratação, gerando produtos semelhantes aos alimentos que os originaram.

Porém, alimentos desidratados, como as frutas, podem ter algumas alterações na textura, perdas no seu sabor ou aroma, mudanças na cor e no valor nutricional.

Além disso, é preciso acompanhar produtos desidratados durante a estocagem, pois podem ter uma rápida deterioração caso o teor de umidade aumente (OPAS/OMS, 2019).

4.2.2 Tecnologias por remoção de calor

O uso de baixas temperaturas para a conservação de alimentos visa retardar o crescimento microbiano e as reações químicas dos alimentos.

A conservação pelo frio depende do tipo de alimento e de suas características e visa manter a temperatura abaixo do ideal para evitar o crescimento microbiológico e reações enzimáticas (ORDÓÑEZ, 2005).

A conservação pela diminuição da temperatura mantém as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos. Porém, como as enzimas e os micro-organismos são apenas inibidos, qualquer aumento de temperatura pode ocasionar a deterioração do produto.

Assim, é essencial controlar e manter a temperatura adequadamente baixa durante todo o processo.

Dessa forma, para a conservação de frutas e hortaliças serão listados a seguir, os principais métodos utilizados com a remoção de calor.

I. Refrigeração:

O resfriamento é um método utilizado para prolongar a vida útil de alimentos, pois diminui as taxas de micro-organismos reduzindo a temperatura do alimento entre 0°C e 7°C (OPAS/OMS, 2019).

É considerado um método brando, pois seu efeito sobre a vida útil dos alimentos é baixo. Mas, as características sensoriais dos alimentos, assim como as propriedades nutricionais, não são muito afetadas.

Por isso, normalmente, o resfriamento é utilizado em combinação com outras tecnologias, como a pasteurização.

A temperatura de refrigeração deve ser controlada conforme o alimento utilizado em questão, pois as frutas e hortaliças são sensíveis ao frio e cada espécie possui sua temperatura e tempo de armazenagem ideal.

Quando a temperatura é reduzida abaixo de um valor ideal podem ocorrer lesões pelo frio, devido a desordem fisiológica chilling, gerando consequências indesejáveis como escurecimento interno ou externo, falhas no amadurecimento, manchas nas cascas, murchamento das folhas, lesões superficiais e alterações da cor (BARROS et al., 2020).

Outro fator que também deve ser controlado durante a estocagem refrigerada é a umidade relativa, pois uma umidade relativa alta pode diminuir a vida útil do alimento (OPAS/OMS, 2019).

Dessa forma, é essencial saber a umidade relativa ótima de cada fruta e hortaliça para que se tenha melhores resultados. Além de fazer o uso de embalagens apropriadas.

Assim, a vida útil de frutas e hortaliças estocadas sob refrigeração depende de alguns fatores como:

- Tipo do alimento e a variedade;
- Parte do vegetal;
- Ponto de maturação;
- Temperatura de colheita, de armazenagem, distribuição e de comercialização (OPAS/OMS, 2019).

De modo geral, o tempo de armazenamento, temperatura e umidade relativa de frutas e hortaliças, sob refrigeração, podem ser verificados na tabela a seguir.

Tabela 1: Condições de estocagem refrigerada para frutas e hortaliças.

Alimento	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Tempo de armazenagem (dias)
Damasco	-0,5 - 0	90	7 - 14
Banana	11 - 15,5	85 - 95	7 - 10
Brócolis	0	95	10 - 14
Cenoura	0	98 - 100	28 - 42
Cereja	-1	90 - 95	14 - 20
Pepino	10 - 15	90 - 95	10 - 14
Berinjela	7 - 10	90 - 95	7 - 10
Laranja	3 - 9	85 - 90	21 - 56
Alface	0 - 1	95 - 100	14 - 20
Manga	13	85 - 90	14 - 21
Uva	-1 - -0,5	90 - 95	30 - 180
Pêssego	-0,5 - 0	90	14 - 30
Ameixa	-1 - 0	90 - 95	14 - 30
Morango	-0,5 - 0	90 - 95	5 - 7
Tomate	4 - 10	85 - 90	4 - 7

Fonte: Adaptado de OPAS/OMS (2019).

II. Congelamento:

No congelamento há uma diminuição mais expressiva da temperatura, e assim, ocorre a diminuição da velocidade das transformações microbiológicas e bioquímicas.

Dessa forma, o congelamento de alimentos começa a ocorrer entre -1°C e -3°C , dependendo da concentração de solutos na fase aquosa.

Para que o congelamento de alimentos ocorra de forma adequada, é necessário que, pelo menos, 80% da água livre seja transformada em gelo. Desse modo, a atividade metabólica dos micro-organismos se estabiliza e a atividade de água do alimento reduz, proporcionando o aumento da vida útil (BARROS et al., 2020).

No entanto, no processo de congelamento também podem ocorrer modificações indesejáveis, como a formação de cristais grandes de gelo que deformam e levam a ruptura da parede celular do alimento. Isso ocorre quando o congelamento é feito de forma lenta, com duração de 3 a 12 horas (BARROS et al., 2020).

Além disso, o congelamento pode causar danos nos tecidos de frutas e hortaliças estocadas abaixo de seu ponto de congelamento, fazendo com que percam sua rigidez e se tornem pegajosas após seu descongelamento, devido a desordem fisiológica freezing.

Por isso é de extrema importância verificar qual temperatura deve-se utilizar para que não ocorra danos, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 2: Conteúdo de água e ponto de congelamento de hortaliças e frutas.

Alimento	Conteúdo de água (%)	Ponto de congelamento ($^{\circ}\text{C}$)
Hortaliças	78-92	-0,8 a -2,8
Frutas	87-95	-0,9 a -2,7

Fonte: Adaptado de OPAS/OMS (2019).

III. Liofilização:

A liofilização é um processo em que a água é eliminada por sublimação, sem submeter o alimento a elevadas temperaturas, após estar congelado (OLIVEIRA et al., 2012).

Desse modo, as frutas passam por uma etapa prévia de preparo e em seguida ocorre o congelamento à -40°C .

Nesse método, após o congelamento rápido, o alimento é colocado em câmaras de alto vácuo, o liofilizador à vácuo, para que ocorra a desidratação, havendo a redução da pressão para 1 mmHg, condição que deve ser mantida até o final da secagem.

A vantagem deste processo são as mínimas perdas de nutrientes e uma rápida reidratação do produto seco. Contudo, ainda é um processo caro que consome muita energia e só se justifica quando aplicado a produtos com alto valor agregado.

4.2.3 Outras tecnologias

Além das tecnologias convencionais por aplicação e remoção de calor, tem-se outros métodos que são bastante utilizados na conservação de frutas e hortaliças, cuja escolha depende do tipo de produto e da disponibilidade de recursos econômicos ou tecnológicos. A seguir serão descritos os principais métodos que não utilizam calor.

I. Revestimentos comestíveis e ceras:

Os revestimentos comestíveis são uma camada fina e contínua de substância alimentícia depositada sobre o alimento, oferecendo barreira aos gases, vapor-de-água, aromas e óleos, propiciando proteção mecânica (CENCI, 2011).

Podem ser feitos de diferentes tipos de polímeros, como pectina, proteínas, óleos e amidos, podendo ser biodegradáveis e/ou comestíveis, dependendo dos aditivos utilizados (CENCI, 2006).

São geralmente aplicados às frutas e hortaliças frescas para melhorar sua aparência e para evitar perdas de umidade.

Além disso, as coberturas comestíveis e ceras podem servir como portadores de compostos antimicrobianos na superfície de frutas e hortaliças, desempenhando funções de proteção contra danos mecânicos, contaminação microbiana e aumento de vida útil.

O revestimento ou cera ideal deve criar uma barreira para impedir a perda de voláteis desejáveis e vapor de água, e deve restringir, ao mesmo tempo, a troca de CO₂ e O₂. Dessa forma, cria-se uma atmosfera modificada, diminuindo a respiração e aumentando a vida útil das frutas e hortaliças. Entretanto, a formação da atmosfera modificada não deve criar condições para o desenvolvimento da respiração anaeróbia, pois poderá causar sabores desagradáveis, alterar a textura das frutas e hortaliças, e favorecer o crescimento de micro-organismos anaeróbios (CENCI, 2006).

Por isso, para cada fruta ou hortaliça, existe a formulação e a concentração mais adequada, não podendo uma determinada cera ou biofilme ser aplicado para vários tipos de produtos.

II. *Embalagem com atmosfera modificada:*

A vida útil dos alimentos conservados em atmosfera normal é limitada devido ao efeito do oxigênio e ao crescimento de micro-organismos, que podem promover mudanças de odor, sabor, cor e textura (TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007).

Assim, a modificação da atmosfera prolonga significativamente a vida útil dos alimentos.

O método de embalagem com atmosfera modificada consiste em substituir a atmosfera que rodeia o produto por um gás ou uma mistura de gases, que devem ser específicos para cada tipo de fruta e hortaliça, pois assim as reações químicas, enzimáticas e microbiológicas serão melhor controladas (OPAS/OMS, 2019).

Desse modo, as degradações produzidas durante o armazenamento são minimizadas, e ainda, o crescimento microbiano é impedido.

Na maioria das vezes, O₂, N₂ e CO₂ são os gases utilizados para modificar a atmosfera de alimentos, e cada gás apresenta uma função específica. A escolha da mistura de gases depende da microbiota capaz de crescer no alimento, da sensibilidade do produto ao O₂ e CO₂ e pela estabilidade da cor desejada (MANTILLA et al., 2010).

Para frutas e vegetais, a técnica de embalagem mais utilizada é a atmosfera modificada passiva, a qual permite o equilíbrio entre os gases CO₂ e O₂ no interior da embalagem. (BARROS et al., 2020).

A atmosfera passiva se estabelece quando o produto acondicionado dentro de uma embalagem permeável a gases modifica a atmosfera através da própria respiração, resultando na redução de O₂ pelo consumo deste gás e aumento de CO₂, liberado pela respiração (PALHARINI, 2017).

Além disso, o filme da embalagem deve ter permeabilidade intermediária aos gases para possibilitar a troca gasosa, pois frutas e hortaliças continuam consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico após a colheita.

III. Aditivos:

A adição de aditivos para a conservação de um alimento tem por finalidade impedir alterações, manter ou melhorar a consistência, sabor, cor e textura do produto e manter o estado físico geral do alimento (SILVA et al., 2019).

Além disso, a adição de conservantes é necessária para garantir a estabilidade dos alimentos durante a sua estocagem, de tal forma que permaneçam seguros e com as características nutricionais preservadas.

Há uma variedade de conservantes que pode ser utilizada em frutas e hortaliças, como mostra a tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Conservantes alimentares para frutas e hortaliças.

Conservante	Exemplo de uso
Sorbato	Geleias
Benzoato	Picles, polpas
Ácidos láctico, cítrico, málico e acético	Suco de frutas e concentrados
Sulfitos	Frutas em pedaços e frutas secas
Natamicina	Pequenas frutas sem caroço

Fonte: Adaptado de OPAS/OMS (2019).

Os ácidos são comumente utilizados, pois inibem a multiplicação de células bacterianas e fúngicas. Já os sulfitos, além de sua ação antimicrobiana, também podem desempenhar atividade antioxidante e inibir o escurecimento enzimático e não enzimático em frutas e hortaliças (OPAS/OMS 2019).

Entretanto, com o aumento da procura dos consumidores por alimentos mais saudáveis e *in natura*, a adição de aditivos tem sido menos utilizada.

4.3 Tecnologias emergentes na conservação de frutas e hortaliças

A crescente demanda do mercado consumidor por produtos de alta qualidade revela a necessidade da utilização de tecnologias que propiciem segurança microbiológica na produção, aumentando sua vida útil, e que ainda proporcionem mínimas alterações na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (COSTA, DELIZA e ROSENTHAL, 1999).

As exigências dos consumidores por alimentos de melhor qualidade, juntamente com as deficiências de tecnologias existentes, estão estimulando novos estudos na área

de conservação de alimentos com o intuito de buscar o desenvolvimento de novas tecnologias.

Dessa forma, novas tecnologias, térmicas e não térmicas, têm sido reportadas como excelente opção para a obtenção de produtos com bons atributos de qualidade, seguros e preservando seu conteúdo nutricional (CAVALCANTE, 2016).

Tais tecnologias, diferentemente dos processos tradicionais, visam diminuir as perdas de componentes termossensíveis, responsáveis por estas qualidades sensoriais e nutricionais.

Além de preservar as características do alimento, as novas tendências em tecnologia devem buscar também segurança para o meio ambiente, revelando preocupação com o equilíbrio entre a produção e o consumo de alimentos.

Ainda, vale ressaltar que, cada tecnologia tem uma aplicação específica, sendo algumas mais interessantes para o processamento de líquidos e outras para alimentos sólidos. Em cada caso, é necessário avaliar o potencial da tecnologia no processamento do produto, visando minimizar alterações na qualidade nutricional, físico-química e sensorial (OPAS/OMS 2019).

Dessa forma, para a conservação de frutas e hortaliças serão listados a seguir, as principais tecnologias emergentes utilizadas.

4.3.1 Alta pressão hidrostática

A conservação de alimentos utilizando alta pressão hidrostática consiste em submeter alimentos a pressões entre 100 MPa e 800 MPa por um tempo de processo determinado, com o objetivo de alcançar máxima destruição de micro-organismos e de enzimas indesejáveis (OPAS/OMS, 2019).

Neste processo, o produto é introduzido numa câmara de alta pressão com um fluido transmissor de pressão, normalmente água, e é pressurizado com uma bomba, sendo a pressão transmitida à embalagem e ao próprio alimento (FAUSTINO, 2013).

Dessa forma, a destruição ou inativação dos micro-organismos se dá através do rompimento de membranas e organelas celulares e desnaturação de proteínas.

O processamento por alta pressão hidrostática possui grandes vantagens como não alterar pigmentos, vitaminas e compostos voláteis, não afetar cor, aroma e nutrientes, permitindo obtenção de produtos com características mais

próximas do produto in natura. Também exerce efeito antimicrobiano e diminui deteriorações enzimáticas indesejáveis resultando em segurança e aumento de vida útil do produto (FERREIRA, 2013).

Entretanto, existe a desvantagem do custo do equipamento, pois a maquinaria é complexa e requer uma elevada precisão na sua construção, utilização e manutenção (FAUSTINO, 2013).

Diante disso, esta tecnologia foi adaptada às necessidades específicas da indústria de alimentos e, atualmente, uma gama de produtos são tratados por pressão, como sucos de frutas e vegetais, molho de abacate, tomate, salsa, e sumos de fruta.

Segundo Marcellini (2006), para um estudo de polpa de abacaxi foi aplicada uma pressão de 300 MPa, durante 5 minutos, a 25°C e os resultados mostraram que para as amostras pressurizadas, a carga de fungos filamentosos e leveduras manteve-se a níveis não detectáveis até os 14 dias de armazenamento.

Ainda, Marcellini (2006) relatou que as amostras de polpa de abacaxi, in natura e processadas por alta pressão hidrostática, não diferiram significativamente para pH, °Brix e acidez total em ácido cítrico, mostrando que a aplicação dessa tecnologia não afetou as características físico-químicas do produto.

Além disso, outros estudos mostraram que a vida útil de sucos de frutas não tratados passou de 5 a 8 dias para aproximadamente três semanas quando pressurizados e mantidos estocados sob refrigeração.

Assim, a tecnologia de alta pressão hidrostática vem se mostrando uma tecnologia promissora no processamento de sucos, pois está mostrando ótimos resultados, especialmente na destruição de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, na ampliação da vida útil do produto, e manutenção das características sensoriais.

4.3.2 Luz ultravioleta

Ultravioleta se refere a toda radiação eletromagnética com comprimento de onda na faixa de 100 nm a 400 nm, podendo ser dividida em três categorias: UV-A, UV-B e UV-C, sendo diferenciadas pelos seus comprimentos como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Tipos de luz ultravioleta e seus comprimentos de onda.

Tipo	Comprimento de onda	Variação de comprimento de onda	Característica
UV-A	Longo	320-400 nm	Alterações na pele humana (bronzamento)
UV-B	Médio	280-320 nm	Queimadura de pele (câncer)
UV-C	Curto	200-280	Faixa germicida (micro-organismo)

Fonte: Adaptado de FRANCO (2019)

Dessa forma, pode-se perceber que a radiação UV-C é a que apresenta maior efeito bactericida, com comprimento de onda entre 200 nm e 280 nm.

No comprimento de onda germicida, a radiação UV-C é suficiente para causar deslocamento físico de elétrons e quebrar as ligações do ácido desoxirribonucleico (DNA) dos micro-organismos. Isso modifica sua reprodução e metabolismo, ou seja, a injúria aos sistemas de reprodução das células as leva à morte (FRANCO, 2019).

Assim, o dano causado aos materiais genéticos DNA e RNA dos micro-organismos, em decorrência da absorção da radiação ultravioleta, é considerado o principal mecanismo de inativação microbiana, uma vez que bloqueiam a replicação celular.

A radiação UV-C não produz subprodutos indesejáveis, ou resíduos químicos e não causa alterações sensoriais.

Além disso, pode inativar bactérias, vírus e esporos de bactérias, apresenta baixa sensibilidade à temperatura, pode ser alternativa ao uso de produtos químicos, não altera a cor, sabor, odor, pH e composição nutricional do produto. O processo UV pode fornecer produtos alimentícios com melhores características e mais frescos (GUEDES et al., 2009).

Entretanto, doses baixas podem não inativar efetivamente os micro-organismos, podendo reparar ou reverter os efeitos destrutivos causados pela radiação.

As vantagens do uso da radiação UV-C como forma de desinfecção das frutas e hortaliças minimamente processada são: a não formação de compostos

tóxicos residuais na superfície do produto, o baixo custo e a não produção de odor. Além da inativação de enzimas como a PPO, envolvidas no processo de escurecimento dos tecidos vegetais (SOUZA, 2014).

Souza (2014) estudou a utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) para a conservação de mangas cv. tommy atkins minimamente processadas, e constatou que o tratamento com luz UV-C foi efetivo no controle do escurecimento do produto e que o pH e a acidez não foram afetados pelo tratamento ou armazenamento.

O estudo também mostrou que a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), responsável pelo escurecimento de frutas, decresceu continuamente ao longo do armazenamento, e observou-se que essa redução foi proporcional ao aumento das doses de radiação UV-C empregadas no produto, demonstrando que o tratamento com UV-C aliado à baixa temperatura de armazenamento, reduz significativamente a atividade da PPO.

Ainda, o trabalho demonstrou que a aplicação de UV-C foi eficaz para prevenir o aumento da atividade da enzima pectinametilesterase (PME), responsável pelo amolecimento dos tecidos.

Outra pesquisa, feita por Franco (2019), detectou que amostras de bananas tratadas com luz UV-C poderiam desempenhar um papel importante na manutenção da integridade da membrana, retardando a perda de firmeza e na atividade de enzimas que promovem o escurecimento.

Desse modo, a utilização de UV-C mostra-se uma técnica ambientalmente segura para a destruição dos micro-organismos, e com grande potencial econômico para ser utilizada em produtos.

4.3.3 Aquecimento ôhmico

O princípio básico do aquecimento ôhmico é a passagem de corrente elétrica alternada de baixa frequência através do alimento, gerando calor devido à resistência elétrica do alimento (DIETZ, 2011).

Ou seja, durante o aquecimento ôhmico, uma corrente elétrica flui através do alimento e o mesmo oferece uma resistência, gerando uma energia térmica neste, onde ocorre o aquecimento do produto de maneira rápida e volumetricamente.

Desse modo, o aquecimento uniforme e rápido do alimento colabora para um cozimento, inativação enzimática e microbiológica, branqueamento, pasteurização e menor perda de vitaminas e minerais, garantindo seus atributos sensoriais como sabor, aroma e cor (GIULIANGELI, 2021).

Além disso, o aquecimento ôhmico é uma tecnologia simples, de fácil emprego e que vem mostrando resultados positivos como alternativa para tratamento térmico em alimentos.

Um ponto positivo desse método é o de que essa tecnologia apresenta mínimos riscos de incrustações ou queima de produto pelo fato de não existirem superfícies quentes (SCHMITZ, 2014).

O aquecimento ôhmico tem aplicação potencial em produtos que contém partículas, produzindo alimentos de mais alta qualidade, devido ao rápido e uniforme aquecimento do produto, sem ocasionar danos mecânicos às partículas, superaquecimento da parte líquida e perdas no valor nutricional e sensorial (COSTA, DELIZA e ROSENTHAL, 1999).

Para polpa de frutas, tratamentos térmicos inadequados podem reduzir a qualidade sensorial e nutricional do produto e por vários períodos, pesquisadores têm otimizado o binômio tempo/temperatura para reduzir a exposição do alimento ao calor.

Entretanto, segundo Giuliangeli (2021), a aplicação do aquecimento ôhmico para pasteurização de polpa de frutas é uma das alternativas estudadas, pois este processo resulta em um rápido aquecimento com menor prejuízo térmico às substâncias termolábeis, tais como as vitaminas e os pigmentos.

Em seu estudo, Giuliangeli (2021) cita a análise feita sobre a retenção e a cinética de degradação do ácido ascórbico em suco de laranja durante o aquecimento eletromagnético, em quatro diferentes processos. A redução do teor de vitamina C foi influenciada pelo método de aquecimento e pela temperatura de processamento, e entre os quatro métodos estudados, o aquecimento ôhmico apresentou o melhor resultado em relação à retenção de vitaminas em todas as temperaturas.

Além disso, outros estudos avaliaram o efeito da pasteurização ôhmica de suco de laranja nas características sensoriais, e mostrou que o suco processado por aquecimento ôhmico não foi diferenciado do suco não

processado, e ambos foram diferenciados do suco pasteurizado de forma convencional.

Além de polpa de frutas, vários estudos mostraram que o aquecimento ôhmico pode ser aplicado de forma eficaz, rápida e homogênea em frutas, geleia de frutas, sucos, purês, entre outros.

Assim, o aquecimento ôhmico vem sendo utilizado como um tratamento térmico viável e satisfatório, pois mantém as propriedades organolépticas e nutricionais dos produtos.

4.3.4 Irradiação

A irradiação é um método físico de conservação capaz de prolongar a vida útil dos alimentos, mas não consiste em tornar o alimento radioativo. Preserva a qualidade sem alterar o sabor, a aparência ou o aroma dos alimentos e não apresenta qualquer risco de contaminação por radiação, pois em nenhum momento os produtos a serem preservados entram em contato direto com a fonte de irradiação (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Os alimentos irradiados são aqueles que foram tratados com determinados tipos de fontes radioativas para se obter propriedades convenientes, como por exemplo, ampliar a vida útil dos alimentos ao retardar a maturação de frutas e legumes e inibir o brotamento de bulbos e tubérculos (LIMA, 2016).

O processo de irradiação nos alimentos pode ser empregado quando os mesmos estiverem embalados ou não, e para cada tipo de alimento e de tratamento é definida uma dose, média ou máxima, apropriada de radiação para que se atinja o resultado desejado (OPAS/OMS, 2019).

Se a dose for menor que a adequada, o efeito de conservação pode não ser atingido. Mas caso a dose seja excessiva, o alimento pode sofrer danos que o tornam inadequado para consumo.

Os níveis aprovados de irradiação em frutas e hortaliças estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Níveis aprovados de irradiação em alimentos.

Alimentos	Propósito	Dose média (kGy)
Batata, cebola, alho, etc	Inibição do brotamento	0,05 - 0,15
Frutas frescas e desidratadas	Controle da infestação por insetos e parasitas	0,15 - 0,50
Frutas e vegetais frescos	Controle da maturação	0,50 - 1,0

Fonte: Adaptado de OPAS/OMS (2019).

Quando a dose máxima estabelecida é respeitada, as características dos alimentos são pouco alteradas. Além disso, o método tem os seguintes objetivos:

- Aumentar a vida útil;
- Exercer ação equivalente à dos processos de pasteurização e esterilização;
- Complementar outros processos de conservação de alimentos;
- Impedir o brotamento inconveniente;
- Esterilizar ou destruir insetos infestantes;
- Retardar o ciclo de maturação de frutas;
- Facilitar o armazenamento de produtos estocados em baixas temperaturas (LIMA, 2016).

Assim, há um crescente interesse mundial na aplicação da radiação gama para aumentar a vida útil de alimentos perecíveis e garantir a segurança microbiológica do produto.

No caso de vegetais, a irradiação tem sido utilizada como método de conservação, devido ao retardo no amadurecimento e no brotamento de alguns produtos.

Porém, o processo de irradiação é limitado pelas possíveis alterações nos componentes dos alimentos, como a formação de radicais instáveis, desnaturação de proteínas dependendo da dose de radiação utilizada, mudanças oxidativas em lipídios e degradação de vitaminas (COSTA, DELIZA e ROSENTHAL, 1999).

Segundo Lima (2016), um estudo sobre o comportamento da radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina cv. “Sunred” avaliou o aspecto

visual dos frutos, a perda de massa fresca, a firmeza da polpa, a acidez total titulável (ATT), os sólidos solúveis totais (STT) e a razão STT/ATT.

Os resultados mostraram que após 28 dias de armazenamento os frutos submetidos à dose de 0,4 kGy de radiação apresentaram melhor aspecto visual, menores perdas de massa fresca e maior firmeza de polpa, não ocorrendo, entretanto, variações significativas nos teores de acidez total titulável, sólidos solúveis totais e nos valores da razão SST/ATT.

De forma geral, a irradiação apresenta potencial de aplicação em alimentos, e tem sido bastante utilizada no controle de amadurecimento de frutas e vegetais, diminuindo as perdas pós-colheita, na inibição de germinação em bulbos e tubérculos, no controle de deterioração de alimentos, além de apresentar segurança microbiológica para os alimentos.

4.3.5 Ultrassom

O ultrassom é uma tecnologia não térmica com potencial de conservar alimentos, e suas ondas cobrem uma faixa de frequência desde 16 kHz até 1010 uHz e, devido a essa amplitude, oferecem uma grande variedade de aplicações (OPAS/OMS, 2019).

De um modo geral, as aplicações de ultrassom são divididas em baixa e alta intensidade.

Na indústria de alimentos, as ondas de ultrassom de baixa intensidade são utilizadas principalmente para caracterizar as propriedades dos materiais alimentares (composição, estrutura, estado físico), para o controle do processo e detecção de corpos estranhos

Já as aplicações de ultrassons de alta intensidade são várias, como por exemplo: alteração de viscosidade, geração de emulsão, ruptura celular, dispersão de agregados, polimerização, desgaseificação de alimentos líquidos, extração de enzimas e proteínas, inativação de micro-organismos, corte, melhora do congelamento e descongelamento, cristalização, filtração, pasteurização e esterilização (VERRUCK; PRUDENCIO, 2018).

Além disso, o ultrassom pode ser combinado com outras tecnologias como agentes antimicrobianos, ozônio, radiação ultravioleta, pressão, calor e a associação entre pressão e calor.

Dentre as vantagens de se utilizar a tecnologia de ultrassom, tem-se a de que ocorrem perdas mínimas de sabor e odor, há um aumento da homogeneidade, além de se ter uma redução do consumo de energia.

Uma das aplicações do ultrassom em frutas e hortaliças é na etapa de sanitização das mesmas, pois, conforme citado por Alvarenga et. al (2021), quando combinado com sanitizantes químicos, há potencialização da inativação de células microbianas devido à cavitação e à formação de microjatos.

Ainda, o ultrassom pode ser aplicado como tecnologia de conservação em sucos, pois os resultados apresentam muitas vantagens, como a conservação dos nutrientes, além de melhorar consistência, cor, turbidez e a aceitação sensorial (ALVARENGA et. al, 2021).

Cada alimento possui suas características e essas podem ser afetadas de forma positiva ou negativa após o tratamento com ultrassom, por isso é necessário avaliar diferentes condições de tempo, temperatura e amplitude para obter produtos bem aceitos pelos consumidores.

Um estudo feito por Araújo (2020), reuniu os principais impactos do tratamento com ultrassom sob as propriedades físico-químicas, nutricionais e compostos bioativos de sucos como mostrado na tabela 6.

Tabela 6: Impacto do tratamento com ultrassom sob as propriedades físico-químicas, nutricionais e compostos bioativos de sucos.

Matéria-prima	Tipo de ultrassom	Condições de operação	Principais resultados
Maçã	Sonda	20 kHz 20, 40, 60°C 5, 10 min	Manutenção do pH, ATT e SST; Em geral, redução do ácido ascórbico, fenólicos e flavonóis.
Tomate de capucho	Banho	42 kHz 30°C 10, 20, 40 min	Manutenção do pH, ATT e SST; ↓ ácido ascórbico; ↑ compostos fenólicos e outros compostos bioativos.
Cenoura	Sonda	24 kHz 50, 54, 58°C 0 a 10 min	Manutenção pH, SST, ATT, compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenóides.

Fonte: Adaptado de Araújo (2020).

Outro estudo, realizado por Alvarenga et. al (2021), reuniu avaliações do uso do ultrassom em relação a micro-organismos e características físico-químicas de frutas, hortaliças e produtos processados de origem vegetal.

Os resultados, como mostrados na Tabela 7, dependeram da característica do processo e do produto.

Tabela 7: Aplicação do ultrassom em frutas, hortaliças e produtos processados de origem vegetal.

Produto	Característica do processo	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Aspargos verdes	US 360 W e 40 kHz combinado com solução de AC (2%) e AG (50 mg/kg) por 10 minutos	Características FQ, atividade enzimática e micro-organismos no armazenamento sob refrigeração (4 °C/20 dias)	O tratamento aplicado alcançou redução eficaz dos micro-organismos ao longo do armazenamento, melhorias na qualidade FQ e inibição de enzimas endógenas
Suco de manga	US combinado com UV assistido, tempo de 0-40 min, potência 0-600 W e densidade de energia de 0-14.400 J mL ⁻¹	Inativação de micro-organismos	Esterilização gradual e crescente com o aumento da potência aplicada. US-UV 600W capaz de reduzir micro-organismos patogênicos em diferentes tempos de processamento
Repolho chinês MP	US 28-68 kHz por 5-40 min de lavagem	Inativação de <i>E. coli</i> e <i>L. innocua</i>	Redução da taxa de sobrevivência dos micro-organismos com o aumento do tempo de exposição ao método. <i>E. coli</i> mais sensível ao tratamento, alcançando redução de 3 log UFC na aplicação do US 40 kHz/10 min

Continuação Tabela 7: Aplicação do ultrassom em frutas, hortaliças e produtos processados de origem vegetal.

Morango	US (40 kHz, 500 W) combinado com AC, AP e dodecilbenzenossulfonato de sódio por 5 min	Características FQ, sensoriais e microbiológicas durante armazenamento por 9 dias a 8°C.	Ultrassom potencializou o efeito dos compostos químicos na redução de mesófilos aeróbios, bolores e leveduras. AC obteve maior redução (até 2 log UFC/g). Não foram observadas alterações FQ e sensoriais importantes
Pepino	US (20 kHz) por 5, 10 e 15 min associado posteriormente a embalagem com atmosfera modificada	Micro-organismos e qualidade durante o armazenamento por 15 dias a 4 °C	O tratamento inibiu o crescimento de micro-organismos durante o armazenamento e garantia da qualidade geral do produto (menor perda de sólidos solúveis, massa e firmeza)
Tomate	US (banho e sonda, 40 e 24 kHz, respectivamente) associado a corrente elétrica (200, 800 e 1.400 mA) por 2, 4, 6, 8 e 10 min	Remoção de resíduos de pesticidas	Combinação de tratamentos foi eficiente na redução dos resíduos estudados, alcançando redução de até 95,06%

Fonte: Adaptado de Alvarenga et. al (2021).

Sendo assim, a utilização do ultrassom no processamento de frutas e hortaliças tem obtido resultados positivos em relação às características físico-químicas, nutricionais e microbiológicas destes alimentos.

Desse modo, se torna interessante para aplicação comercial por ser uma tecnologia ambientalmente correta que permite menor tempo de processamento e que apresenta bons resultados, como inativação enzimática, redução de micro-organismos e benefícios na qualidade nutricional.

4.3.6 Plasma frio

Plasma é o quarto estado físico da matéria, e consiste em um gás que pode estar parcial ou totalmente ionizado.

De forma geral, sua composição engloba elétrons livres, íons positivos e negativos, radicais livres, peróxido de hidrogênio, luz ultravioleta, espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio e uma carga líquida neutra (PAIXÃO, 2016).

Os plasmas frios são caracterizados pelo desequilíbrio térmico existente entre os elétrons e os íons. O gás sofre uma descarga, tornando os elétrons energizados e permitindo as colisões entre as moléculas que promovem a formação do plasma.

O plasma pode apresentar efeitos diversos de acordo com as variáveis utilizadas para sua geração e seu processamento. Além disso, fatores como umidade relativa, pressão, tensão, tempo de tratamento, tipo de gás, pH e natureza da matriz podem influenciar sua efetividade (BATISTA, 2020).

O tratamento por plasma pode ser feito de forma direta ou indireta. No tratamento direto, a amostra fica entre os dois eletrodos, em contato direto com o plasma e na exposição indireta, a amostra é colocada a uma distância adjacente da descarga de plasma e só é exposta às espécies reativas formadas (ALMEIDA, 2015).

No âmbito alimentício, o plasma pode prolongar a vida útil de produtos processados e *in natura*, reduzir perdas de processamento e armazenamento, garantir maior segurança química do alimento, além de ser eficaz na inativação ou redução de micro-organismos patogênicos e deteriorantes (BATISTA, 2020).

Batista (2020) cita estudos realizados sobre o efeito do plasma frio em suco de frutas, como em suco de uva, onde foi verificado um impacto positivo da tecnologia em relação a redução da *Saccharomyces cerevisiae*. Já em suco de laranja, foi observado que a utilização do plasma inativou *Salmonella enterica* sorotipo Typhimurium.

Ainda, Batista (2020) menciona que o uso do plasma frio na inativação da polifenoloxidase (PPO) em suco de maçã turvo resultou em uma inativação significativa, alcançada após 5 minutos de aplicação. E em um período de 24 horas após o tratamento, observou a total inativação da enzima e nenhuma reativação foi verificada nas matrizes.

Outro estudo, feito por Paixão (2016), mostrou que o processamento de suco de seriguela por plasma frio resultou na redução da atividade das enzimas peroxidase (10%) e polifenoloxidase (20%), responsáveis pelas alterações indesejáveis em produtos de origem vegetal.

Dessa forma, a tecnologia de plasma frio apresenta numerosas vantagens, como custos operacionais de processo reduzido, tempo de tratamento reduzido a baixas temperaturas, é de natureza não tóxica e pode ser aplicado a uma grande variedade de produtos.

4.3.7 Campo elétrico pulsado

A tecnologia de campo elétrico pulsado tem como objetivo a destruição de micro-organismos e a inativação de enzimas e consiste em submeter o alimento a campos de alta intensidade, com pulsos elétricos de curta duração, repetidos muitas vezes (OPAS/OMS, 2019).

Entretanto, o efeito letal nos micro-organismos depende das características elétricas do alimento, intensidade do campo elétrico aplicado, duração e temperatura do tratamento, tipo de micro-organismo e pH do meio.

A intensidade do campo elétrico não pode ser muito baixa pois não será eficaz, nem muito alta para não causar ruptura dielétrica no alimento. A temperatura de tratamento quanto maior for sua magnitude mais efetivo será o tratamento e quanto menor for o valor do pH do alimento, mais efetivo será o tratamento (TEIXEIRA, 2008).

Por essas razões deve-se realizar estudos para cada tipo de alimento e para cada tipo de micro-organismo e enzima de interesse.

Além disso, ao mesmo tempo em que inativa micro-organismos e enzimas, esse processamento provoca alterações mínimas no sabor, cor, textura e na composição de vitaminas e nutrientes.

Na indústria de alimentos, a utilização do campo elétrico pulsado tem sido considerada para a obtenção de pasteurização em produtos, por meio de um processo brando e não térmico.

Binoti (2012), realizou um estudo sobre aplicação de campo elétrico pulsado de moderada intensidade na qualidade funcional de abóbora e relatou que o crescimento de bactérias mesófilas ocorreu em menor intensidade nas amostras que se submeteram ao tratamento.

Além disso, a pesquisa também constatou que as abóboras que receberam o processamento não obtiveram crescimento de bactérias psicrófilas até o nono dia de armazenamento, enquanto que as amostras não tratadas apresentaram crescimento no sexto dia.

Em relação às características sensoriais, Teixeira (2008), cita em sua pesquisa que sucos cítricos tratados com campo elétrico pulsado não apresentam mudanças significativas em sua acidez, sabor e cor.

Assim, a aplicação de campos elétricos pulsados é um método que garante uma melhor conservação da cor, textura, sabor, aparência e aroma dos alimentos. Além de que essa tecnologia pode ser utilizada em conjunto com outros métodos, podendo produzir excelentes resultados na conservação de alimentos.

4.3.8 Ozônio

O ozônio é um importante agente oxidante, eficaz na inativação de bactérias, bolores e leveduras, e sua utilização se torna interessante pelo fato de poder ser gerado no próprio local de aplicação e o produto de sua degradação ser o próprio oxigênio (ALVES et al., 2019).

Na indústria de alimentos, o ozônio pode ser utilizado em sua forma gasosa ou dissolvido em água, e pode ser aplicado em variados produtos alimentares, incluindo frutas e vegetais crus (OPAS/OMS, 2019).

Devido ao seu alto poder de oxidação, o ozônio confere elevada capacidade de desinfecção e esterilização, pois age diretamente na parede da

célula, causando sua ruptura e morte em menor tempo de contato, inviabilizando a recuperação posterior dos micro-organismos.

Em sua forma gasosa, o ozônio pode atuar como agente fumegante passível de ser utilizado para desinfecção de frutas e hortaliças em câmaras de armazenagem e durante o transporte. Já a água ozonizada pode ser utilizada em frutas e hortaliças que necessitam de uma etapa de lavagem durante o processo (COELHO et al., 2015).

Em frutas e hortaliças, o ozônio pode oxidar o etileno liberado por estes, reduzindo sua concentração em câmaras de armazenamento. Desse modo, haverá menor produção e liberação de etileno pelo vegetal, e conseqüentemente haverá uma maior conservação das frutas e hortaliças.

No entanto, o ozônio não pode ser considerado universalmente benéfico aos alimentos, pois em altas concentrações pode promover perdas de nutrientes ou alterar a qualidade sensorial dos alimentos, resultando na produção de odor desagradável e alteração na coloração do alimento (LIMA, 2016).

Ainda, o efeito do ozônio pode variar dependendo do tipo de fruto, sendo necessários estudos para cada espécie de fruta, com o objetivo de verificar a dose adequada e o tempo de exposição.

Estudos citados por Neto (2019), apontam que tratamentos com ozônio em concentrações variando de 0,15 a 5 mg/L têm inibido o crescimento de micro-organismos em alface, aspargo, cenoura, laranja, maçã, mamão, melão, morango e tangerina.

Neto (2019) também menciona que outros estudos confirmam a eficácia dos tratamentos com ozônio na inibição de produção de esporos em frutos de tomates e em uvas de mesa. Nesses estudos, a inibição foi diretamente relacionada à concentração e ao tempo de exposição ao ozônio, e os melhores resultados de inibição ocorreram em concentrações maiores do ozônio.

Em outra pesquisa, foi concluído que a aplicação do ozônio dissolvido na água, na concentração de 0,8 mg/L, por até 160 minutos, é eficiente na diminuição da severidade de antracnose na pós-colheita de frutos de mamão Golden sem afetar negativamente a qualidade dos frutos (LIMA, 2016).

De modo geral, estudos apontam que os tratamentos com ozônio não afetam a cor das frutas e hortaliças, apresentam pouco impacto sobre a firmeza dos frutos, causam uma diminuição na atividade da pectinametilesterase (PME),

não altera o teor de açúcar total e não afeta a acidez titulável e pH (NETO, 2019).

Portanto, o ozônio torna-se uma tecnologia potencial para uso em pós-colheita, aumentando a vida útil de frutas e hortaliças.

4.3.9 Métodos combinados

Muitas vezes, a utilização de um único método de conservação não é suficiente para retardar a deterioração do alimento. Nesses casos, há necessidade da utilização de mais de um processo de conservação, fazendo com que os métodos atuem em complementação à ação do outro.

A preservação de alimentos pelo uso de métodos combinados consiste na aplicação de vários parâmetros que agem em sinergia para inibir ou retardar o crescimento microbiano, resultando em produtos estáveis a temperatura ambiente (COSTA, DELIZA e ROSENTHAL, 1999).

Dessa forma, cada método contribui com uma barreira ao processo de deterioração do alimento, e assim é possível alcançar a estabilidade microbiológica e a segurança do alimento, minimizando os impactos nas características sensoriais e nutricionais do produto.

Além disso, a conservação de alimentos por métodos combinados tem se mostrado uma alternativa aos métodos tradicionais de conservação, muitas vezes reduzindo o custo relativo e permitindo obter maior eficiência.

Para frutas e hortaliças, os métodos combinados mais utilizados são branqueamento e congelamento; embalagem ativa e temperatura; minimamente processados e refrigeração.

Um estudo realizado por Carvalho (2012), mostrou que a combinação de embalagem plástica com a adição de sorbato de potássio em polpa de frutas vermelhas foi eficiente. Enquanto as polpas de frutas embaladas sem adição de sorbato de potássio apresentaram estufamento devido à presença de bolores e leveduras.

Outra pesquisa, feita por Sousa (2019), verificou que frutos de manga ubá tratados com cera de abelha, carboximetilcelulose, cera de carnaúba e fécula de mandioca sob refrigeração diferiram dos frutos controle em relação ao pH.

Desse modo, o uso dos revestimentos retardou o aumento do pH ao longo do armazenamento, ou seja, o amadurecimento dos frutos revestidos foi mais lento do que os do controle, o que é desejável (SOUSA, 2019).

Esses resultados mostram como a utilização das soluções filmogênicas e da refrigeração podem ser efetivas para a manutenção da qualidade dos frutos, uma vez que prolongou a vida útil dos frutos de manga ubá.

Sendo assim, os métodos combinados asseguram estabilidade e segurança apesar da utilização de tratamentos brandos e resultam em produtos com boa qualidade sensorial e nutricional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados deste estudo foi possível verificar que as técnicas de conservação têm como principal finalidade promover a melhoria da qualidade, aumentar a vida útil, preservar a natureza nutritiva e os aspectos organolépticos das frutas e hortaliças.

Além disso, a presente pesquisa também pôde averiguar que as tecnologias convencionais de conservação ainda são amplamente utilizadas, aumentam a estabilidade e promovem a segurança alimentar das frutas e hortaliças, mas podem afetar algumas características finais do produto.

Já as tecnologias emergentes têm sido cada vez mais estudadas como alternativa ao tratamento térmico, pois exercem com sucesso o objetivo de conservar as frutas e hortaliças, além de preservarem a qualidade sensorial e nutricional dos produtos.

Entretanto, as novas tecnologias ainda são pouco utilizadas, pois necessitam de altos investimentos, há falta de normas regulatórias para seu uso, e ainda, há necessidade de maiores estudos em relação ao controle das variáveis associadas ao seu emprego.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Francisca Diva Lima. Emprego de tecnologias emergentes no processamento de suco de laranja adicionado de fruto-oligossacarídeos e suco prebiótico de laranja produzido via síntese enzimática. 2015. 108 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

ALVARENGA, Priscila Donatti Leão *et al.* Aplicação do ultrassom no processamento de frutas e hortaliças. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 24, 2021.

ALVES, Hanna *et al.* Aspectos microbiológicos e físico-químicos de morango exposto ao gás ozônio em diferentes concentrações durante o armazenamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 22, 2019.

ARAÚJO, Lina Raquel Santos. Fundamentos e atualidades em tecnologia e inspeção de alimentos. Fortaleza: In Vivo, 131 p. 2020.

BARROS, Dayane de Melo *et al.* Principais Técnicas de Conservação dos Alimentos. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 806-821, jan. 2020.

BATISTA, Jéssica Dayanne Ferreira. Efeitos do plasma frio na qualidade e nos compostos bioativos da polpa de abacate (*Persea americana* Mill.). 2020. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BINOTI, Mirella Lima. Aplicação de campo elétrico pulsado de moderada intensidade na qualidade funcional de abóbora. 2012. 209 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BINOTI, Mirella Lima; RAMOS, Afonso Mota. Conservação de alimentos: uma visão mais saudável. *HU Revista*, Juiz de Fora, v. 41, n. 3 e 4, p. 171-179, jul./dez. 2015.

CARVALHO, Kellen Cristina Masaro. Conservação da polpa de frutas vermelhas por métodos combinados. 2012. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2012.

CAVALCANTE, Rosane Souza. Efeitos das tecnologias emergentes não térmicas empregadas no processamento de suco prebiótico de maçã. 2016. 86 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

CENCI, Sergio Agostinho. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, n.1, p.67-80, 2006.

CENCI, Sergio Agostinho. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

COELHO, Caroline C de S *et al.* Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.19, n.4, p. 369 – 375, 2015.

CORNEJO, Felix Emilio Prado; NOGUEIRA, Regina Isabel; WILBERG, Viktor Christian. Secagem como método de conservação de frutas. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2003.

COSTA, Maria Cristina da; DELIZA, Rosires; ROSENTHAL, Amauri. Revisão: Tecnologias não convencionais e o impacto no comportamento do consumidor. B.CEPPA, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 187-210, jul./dez.1999.

COVRE, Lara. Desidratação osmótica de carambolas. 2013. 53 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

DIETZ, Ana Cláudia. Influência do aquecimento ôhmico na cinética de inativação da peroxidase no suco de mirtilo. 2011. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FAUSTINO, Rui Carlos Santana. Processos Emergentes de Produção e Conservação de Alimentos. 2013. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Algarve, Portugal, 2013.

FERREIRA, Ellen Almeida dos Santos. Desenvolvimento de néctar tropical de pitanga (*Eugenia Uniflora* L.) a partir da polpa processada por alta pressão hidrostática: aspectos microbiológicos e sensoriais. 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FRANCO, Luana Suelen da Veiga. Estudo de armazenamento de bananas tratadas por luz ultravioleta (UV-C). 2019. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

GIULIANGELI, Vanessa Cipriani. Estudo comparativo entre o aquecimento ôhmico e convencional aplicado em polpa de goiaba vermelha. 2021. 95 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

GUEDES, Andréa Madalena Maciel *et al.* Tecnologia de ultravioleta para preservação de alimentos. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (B.CEPPA), Curitiba, v. 27, n.1, p.59-70 jan./jun. 2009.

HOJO, Ellen Toews Doll. Aplicação de métodos combinados na conservação da qualidade de lichias ‘bengal’. 2010. 133 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

KECHINSKI, Carolina Pereira. Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.). 2007. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LAURIANO, Rodrigo Ramos. Avaliação do suco de framboesa submetido a tratamento térmico e às tecnologias de ultrassom e campo elétrico moderado. 2016. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

LEONARDI, Jéssica Gabriela; AZEVEDO, Bruna Marcacini. Métodos de conservação de alimentos. Revista Saúde em Foco, Amparo, ed. 10, 2018.

LIMA, Julie Anne Dantas. Métodos para conservação de frutas e hortaliças. 2016. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MANTILLA, Samira Pirola Santos *et al.* Atmosfera modificada na conservação de alimentos. *Revista Acadêmica de Ciência Agrária e Ambiental*, Curitiba, v.8, n.4, p. 437-448, out./dez. 2010.

MARCELLINE, A. M. B. Desenvolvimento de suco de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) através da tecnologia de alta pressão hidrostática aplicada à polpa do fruto. 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MERCALI, Giovana Domeneghini. Tratamento térmico de polpa de acerola via aquecimento ôhmico. 2013. 272 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

METTAL, Francine Ilana Kovari; AYROSA, Ana Maria Irene Bartolomeu; PALETTA, Francisco Carlos. O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle da umidade. XII Safety, Health and Environment World Congress, São Paulo, Julho 2012.

NETO, Fenelon do Nascimento. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. , p. 67-80, 2006.

NETO, Osvaldo Pereira da Silva. Ozônio na conservação pós-colheita de mamão. 2019. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

NOBRE, Joseane Almeida Santos. Tecnologia do Processamento de Alimentos. Grupo Ibmecc Educacional, São Paulo, 448 p. 2011.

OLIVEIRA, Gardênia Rocha de *et al.* Prospecção tecnológica: Processo de liofilização na indústria de alimentos. *Revista Geintec*, São Cristóvão, v. 3, n. 1, p. 92-102, 2012.

ORDÓÑEZ, J.A. Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Artmed; 2005. Organização Pan-Americana da Saúde. Tecnologias de conservação aplicadas à segurança de alimentos. Washington, D.C.: OPAS; 2019.

PAIXÃO, Livia Maria Nery. Efeito do processamento por plasma frio sobre as características de qualidade de suco de seriguela (*Spondias purpurea*, L.). 2016. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PALHARINI, Maria Cecília de Arruda. Sistemas de embalagem com atmosfera modificada para produtos minimamente processados. *Pesquisa & Tecnologia*, São Paulo, vol. 14, n. 1, Jan-Jun 2017.

RIBEIRO, Patrícia Helena *et al.* Ozônio como agente fitossanitário na conservação pós-colheita da batata-baroa. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 20, 2017.

RODRIGUES, Fernando Morais *et al.* Alta pressão hidrostática na conservação de alimentos: um enfoque para o processamento de sucos. *J. Bioen. Food Sci.*, Macapá, v. 1, n. 2: pp. 35-46, Jul/Set. 2014.

SCHMITZ, Frederico. Avaliação dos efeitos não-térmicos do aquecimento ôhmico sobre a degradação de antocianinas em polpa de jaboticaba. 2014. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SCHUINA, Guilherme Lorencini. Utilização de ultrassom na conservação de suco de laranja: efeito sobre características físico-químicas, enzimáticas, microbiológicas e sensoriais. 2014. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

SILVA, Danielle Rodrigues da. Avaliação de preparado de fruta submetido ao processamento térmico com alternativa de conservação. 2015. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SILVA, Elizabete de Santana *et al.* Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: uma revisão. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (B.CEPPA)*, Curitiba, v.37, n.2, jul./dez. 2019.

SOUSA, Jéssica Caroline Correa de Oliveira. Métodos combinados na conservação de manga 'ubá'. 2019. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2019.

SOUZA, A.G *et al.* Efeito da refrigeração na conservação de hortaliças orgânicas minimamente processadas. Evidência, Joaçaba, v. 19, n. 2, p. 131-148, jul./dez. 2019.

SOUZA, Julianna Freire de. Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para conservação de mangas CV. Tommy Atkins minimamente processadas. 2014. 116 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2014

TEIXEIRA, Luciano José Quintão. Aplicação de campos elétricos pulsados de alta intensidade no processamento de suco de cenoura. 2008. 168 p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

TEODORO, Anderson Junger; ANDRADE, Édira Castello Branco de; MANO, Sérgio Borges. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n.1, p.158-161, jan.-mar. 2007.

TERUEL, Bárbara J.M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 199 - 220, abr-jun, 2008.

VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva.; MELO FILHO, Artur Bibiano de. Conservação de alimentos. 2010. 130 p. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (Etec - Brasil), Recife, 2010.

VÉRAS, Bianca da Cunha Jácome. Efeito do campo elétrico moderado como pré-tratamento na secagem convectiva de fatias de berinjela (*Solanum melongena L.*). 2019. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

VERRUCK, Silvane; PRUDENCIO, Elane Swinden. Ultrassom na indústria de alimentos: aplicações no processamento e conservação. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018.