



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

LUCIANA DOS SANTOS GUIMARÃES

**REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO
DE FUNGOS FILAMENTOSOS TERMORRESISTENTES EM
FRUTAS E SUCOS DE FRUTAS**

LUCIANA DOS SANTOS GUIMARÃES

**REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO
DE FUNGOS FILAMENTOSOS TERMORRESISTENTES EM
FRUTAS E SUCOS DE FRUTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Alimentos, do Instituto Federal Goiano - Campus
Morrinhos, como pré-requisito para a obtenção do grau
de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Wiaslan Figueiredo Martins.

Coorientadora: Profa. Ma. Ana Paula Stort Fernandes.

Morrinhos
Maio de 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

GL937r Guimarães, Luciana dos Santos
REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO DE
FUNGOS FILAMENTOSOS TERMORRESISTENTES EM FRUTAS E
SUCOS DE FRUTAS / Luciana dos Santos Guimarães;
orientador Wiaslan Figueiredo Martins; co-
orientadora Ana Paula Stort Fernandes. -- Morrinhos,
2021.
53 p.

TCC (Graduação em Tecnologia em Alimentos) --
Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2021.

1. suco de frutas. 2. fungos termorresistentes.
3. ascósporos. 4. inativação. I. Figueiredo Martins,
Wiaslan, orient. II. Stort Fernandes, Ana Paula, co-
orient. III. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Luciana dos Santos Guimarães

Matrícula: 2016104210310105

Título do Trabalho: Revisão integrativa sobre métodos de inativação de fungos filamentosos termorresistentes em frutas e sucos de frutas

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ___/___/___

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos, 20 de maio de 2021.

Luciana dos Santos Guimarães

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Wlaxlan Figueiredo Martins

Assinatura do Orientador



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos
Curso Superior de Tecnologia em Alimentos

Anexo 8

Ata da Defesa

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO – TC

No dia 14 de maio de 2021, às 10:00 horas, pela interface de comunicação *Google Meet*, desenvolvido pela empresa *Google*, ocorreu a banca de defesa do trabalho de curso (TC) intitulado Revisão integrativa sobre métodos de inativação de fungos filamentosos termorresistentes em frutas e sucos de frutas da aluna Luciana dos Santos Guimarães, sob a orientação do professor Wiaslan Figueiredo Martins e coorientação da professora Ana Paula Stort Fernandes, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A banca de avaliação foi composta pela professora Dayana Silva Batista Soares e pela pesquisadora Natiele Maria Costa Menezes.

A média obtida foi 9,5 (nove vírgula zero), sendo considerada a aluna ::

() aprovada

(X) aprovada com ressalvas

() não foi aprovada

Morrinhos, 14 de maio de 2021.

Wiaslan Figueiredo Martins

Professor Orientador

Dayana

Membra da Banca de Avaliação



Documento assinado digitalmente
Natiele Maria Costa Menezes
Data: 14/05/2021 14:33:53 -0100
CPF: 300.618.540-11
Verifique as assinaturas em <https://sifsc.br>

Membra da Banca de Avaliação

LUCIANA DOS SANTOS GUIMARÃES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, do Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, como pré-requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos.

APROVADO em: 14/05/2021.

Wiaslan Figueiredo Martins

Prof. Dr. Wiaslan Figueiredo Martins

Orientador

IF Goiano – Campus Morrinhos

Joseayana

Profa. Ma. Dayana Silva Batista Soares

Membro

IF Goiano – Campus Morrinhos



Documento assinado digitalmente

Natielle Maria Costa Menezes

Data: 18/05/2021 14:33:53-0300

CPF: 100.618.546-11

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dra. Natielle Maria Costa Menezes

Membro externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades e pelas pessoas que coloca em meu caminho. Sou grata a minha mãe e meu filho pelo apoio, aos meus colegas de sala pelo auxílio.

Aos meus orientadores, prof. Dr. Wiaslan Figueiredo Martins e profa. Ma. Ana Paula Stort Fernandes, a minha gratidão e admiração.

RESUMO

Os fungos filamentosos termorresistentes (FFT) são os principais deteriorantes de frutas e derivados. Os FFT mais comumente estudados e relacionados com esses casos, pertencem aos gêneros *Paecilomyces*, *Byssochlamys*, *Aspergillus*, *Talaromyces* e *Eupenicillium*. Objetivou-se, com a elaboração deste trabalho, apresentar estudos sobre os métodos de inativação de FFT contaminantes de frutas e/ou sucos de frutas, por meio de uma revisão integrativa com estudos nacionais e internacionais. Para essa revisão, foram realizadas buscas sistematizadas na base de dados *ScienceDirect* para identificar os estudos sobre a inativação de FFT, entres os anos de 2016 a 2021, utilizando as palavras-chave: *fruits juices* e *heat-resistant moulds inactivation*. Dos 83 artigos encontrados, 73 foram descartados por não ter relação direta com a inativação de fungos, resultando em 10 artigos selecionados. Os artigos abordaram a inativação de fungos e/ou ascósporos de fungos por diferentes métodos. Os resultados obtidos nas pesquisas demonstraram a relevância desses métodos para a indústria de alimentos, pois o uso de tecnologias emergentes, como as tecnologias não térmicas, está cada vez mais crescente, auxiliando no aumento da vida útil e na melhoria da segurança de alimentos, atendendo, assim, à demanda do consumidor por alimentos seguros e de rótulos limpos.

Palavras-chave: suco de frutas, fungos termorresistentes, ascósporos, inativação

ABSTRACT

The heat-resistant filamentous moulds (HRM) are the main spoilage of fruits and derivatives. The HRM most studied and related to these cases belong to the *Paecilomyces*, *Byssochlamys*, *Aspergillus*, *Talaromyces*, and *Eupenicillium* genera. The objective of the elaboration of this work, present studies on the inactivation methods of HRM spoilage of fruit and/or fruit juices, through an integrative review with national and international studies. For this review, systematized searches in the *ScienceDirect* database were conducted to identify the studies about the HRM inactivation, between 2016 and 2021, using the keywords: *fruit juices and heat-resistant moulds inactivation*. Out of the 83 articles found, 73 were rejected for not having a direct connection to mold inactivation, resulting in 10 selected papers. The papers addressed mold and/or ascospore mold inactivation by different methods. The obtained results in this research demonstrate the relevance of these methods for the food industries because the use of the emergent technologies, such as non-thermic technology, has been increasing more and more. Thus, helping the expansion of the food life span, and in the improving of the food safety procedures, consequently aiding in the consumer demand for safe foods and clean labels.

Keywords: fruit juices, heat-resistant moulds, ascospores, inactivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de processamento de frutas.....	16
Figura 2 - Micélio de tipo aéreo (A) e rasteiro (B) do gênero <i>Pleurotus</i>	19
Figura 3 - (A) Ascospores do <i>Byssochlamys fulva</i> (setas). (B) Ascospores equatoriais do <i>N. fischeri</i> . Aumento de 1200X.....	21
Figura 4 – Crescimento de <i>Byssochlamys fulva</i> no meio de cultivo (A) MEA e no meio de cultivo (B) CYA.....	23
Figura 5 – Asco e ascospores de <i>Byssochlamys fulva</i> observados com objetiva de (A) 100X e (B) 40X.	23
Figura 6 – Visualização da forma anamorfa aspergilar do <i>Aspergillus fischeri</i> . Aumento de 400X.....	24
Figura 7 – (A) Asco e ascospores de <i>Byssochlamys fulva</i> , (B) e (C) asco e ascospores de <i>Neosartorya fischeri</i> . Todas as imagens foram observadas com objetiva de 100X. .	25
Figura 8 – Crescimento de <i>Talaromyces macrosporus</i> em meios de cultura (A) MEA e (B) CYA.	26
Figura 9 – Ascospores de <i>Talaromyces</i> spp. observados de 100X	26
Figura 10 - Cleistotécio de <i>Eupenicillium</i> spp. observados com objetiva de 10X.....	27
Figura 11 - Fluxograma da revisão integrativa do trabalho.	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fungos em alimentos in natura e processados.	20
Quadro 2 – Temas dos artigos selecionados para a revisão integrativa sobre inativação de FFT em frutas e/ou sucos de frutas e o método utilizado para a inativação.	34
Quadro 3 – Temas dos artigos selecionados para a revisão integrativa sobre inativação de FFT em frutas e/ou sucos de frutas e o método utilizado para a inativação.	35

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 SUCOS DE FRUTAS	16
3.1.1 Microbiota contaminante de sucos de frutas	17
3.2.1 Bolores	18
3.2.1.1 Fungos filamentosos termoresistentes (FFT)	19
3.2.1.1.1 <i>Espécies Byssochlamys fulva e Byssochlamys nivea</i>	22
3.2.1.1.2 <i>Espécie Neosartorya fischeri</i>	24
3.2.1.1.3 <i>Gênero Talaromyces spp.</i>	25
3.2.1.1.4 <i>Gênero Eupenicillium spp.</i>	26
3.3 MÉTODOS DE INATIVAÇÃO DE FUNGOS	27
3.3.1 Processamento térmico	28
3.3.1.1 Pasteurização	28
3.3.2 Radiação Ultravioleta do tipo C (UV-C)	29
3.3.4 Processamento térmico de alta pressão (HPTP)	30
3.3.5 Homogeneização de Ultra Alta Pressão (UHPH)	30
3.3.6 Ultrassom de alta potência (HPU)	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ARTIGOS	32
4.2 PRÉ-SELEÇÃO	32
4.3 ANÁLISE DOS ARTIGOS PRÉ-SELECIONADOS	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 MÉTODOS TÉRMICOS DE INATIVAÇÃO DE FUNGOS TERMORRESISTENTES	35
5.1.1 Tratamento térmico convencional e/ou ôhmico (resistência térmica)	35
5.1.2 Método de Radiação Ultravioleta do tipo C (UV-C) e/ou combinação com o método de Homogeneização de Ultra Alta Pressão (UHPH)	37
5.1.3 Processamento de alta pressão (HPP), processamento térmico de alta pressão (HPTP) e/ou ultrassom de alta potência (HPU)	38
6. CONCLUSÕES	41
7. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e o consumo cada vez maior de alimentos industrializados, a busca por um produto de melhor qualidade e maior segurança é um dos principais objetivos de uma grande empresa, cujos processos são capazes de preservar o produto contra microrganismos deteriorantes, como bactérias e fungos filamentosos, principalmente os termorresistentes, garantindo a qualidade nutricional e demanda. A maioria dos fungos filamentosos apresenta uma resistência térmica limitada, sendo seus conídios destruídos facilmente pela aplicação de calor. Esses são capazes de sobreviver à temperatura de pasteurização, devido à produção de esporos denominados de ascósporos (HOCKING; PITT; 1984; TOURNAS; TRAXLER, 1994).

Várias são as frutas e seus produtos derivados acometidos por deteriorações por fungos filamentosos termorresistentes (FFT) como maçã, tomate, abacaxi, uva, morango, maracujá, manga, toranja (do inglês: *grapefruit*), groselhas e outros (KOTZEKIDOU, 1997; SURESH et al., 1996; SPLITTSTOESSER et al., 1993; TOURNAS, TRAXLER, 1994; UGWUANYI; OBETA, 1991).

Os microrganismos termorresistentes produtores de ascósporos são difíceis de eliminar, pois são ativados pelos processos de pasteurização, normalmente aplicados aos produtos vegetais ácidos (TOURNAS; TRAXLER, 1994). Os FFT mais comumente estudados e relacionados com esses casos, pertencem aos gêneros *Paecilomyces*, *Byssochlamys*, *Aspergillus*, *Talaromyces* e *Eupenicillium* (SANT'ANA et al., 2009).

As espécies de FFT reportadas como deterioradoras de produtos à base de frutas são *Byssochlamys fulva* - nome anamorfo *Paecilomyces fulvus*, *Byssochlamys nivea* - nome anamorfo *Paecilomyces niveus*, *Neosartorya fischeri* - nome anamorfo *Aspergillus fischeri*, *Talaromyces* spp. e *Eupenicillium* spp. (QUINTAVALLA; SPOTTI, 1993, SURESH et al., 1996; VAN DER SPUY et al., 1975; ENIGL et al., 1993). Neste trabalho será utilizado o nome científico dos FFT que surgiu na maioria das pesquisas realizadas, que são os nomes teleomorfos, que têm uma fase sexuada, produzindo ascósporos resistentes ao calor. *N. fischeri* e *Byssochlamys* spp. são, ainda, indicados como produtores de micotoxinas. O primeiro é capaz de produzir fumitremorginas A, B, C e verruculogena, já o segundo, é reportado como produtor de patulina, ácido byssoclâmico e byssotoxina A.

Diante desse contexto, destaca-se a importância e relevância desta pesquisa de revisão integrativa sobre os métodos de inativação de FFT contaminantes de frutas e/ou

sucos de frutas, abordando os principais impactos desses microrganismos na indústria de processamento de sucos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se apresentar estudos sobre os métodos de inativação de fungos filamentosos termorresistentes contaminantes de frutas e/ou sucos de frutas, por meio de uma revisão de literatura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um referencial teórico sobre as principais temáticas relacionadas à pesquisa: frutas, sucos de frutas e inativação de FFT;
- Apresentar os principais fatores relacionados à qualidade dos sucos de frutas;
- Discorrer sobre os principais microrganismos deteriorantes de frutas e sucos frutas;
- Estudar os FFT no processamento de frutas, bem como os métodos de inativação desses microrganismos;
- Apresentar os resultados das pesquisas sobre os diferentes métodos de inativação dos FFT em sucos de frutas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SUCOS DE FRUTAS

O mercado de bebidas à base de frutas in natura está crescendo cada vez mais, movido pela busca cada vez maior da população em ingerir alimentos saudáveis, o que torna os sucos de frutas naturais um atrativo nas dietas, devido às suas características sensoriais e nutricionais (CUNHA et al., 2014; SOUSA et al., 2010). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes (ABIR), o consumo per capita de sucos e polpas vem aumentando a cada ano, em virtude da busca por melhoria da qualidade de vida por parte dos consumidores (FARAONI et al., 2012).

O processamento de polpas e sucos de frutas é uma atividade agroindustrial importante, na medida em que agrega valor econômico à fruta, evita desperdícios e minimiza perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto in natura, além de possibilitar ao produtor uma alternativa na utilização das frutas (NASCIMENTO, 2008). O fluxograma da Figura 1 abaixo representa o processamento de frutas na indústria de alimentos.

Figura 1 - Fluxograma de processamento de frutas.



Fonte: adaptado de Tolentino e Gomes (2008).

De acordo com o fluxograma da Figura 1, é possível destacar que cada etapa tem sua importância no processo como um todo, e falhas, mesmo que aparentemente pequenas, podem levar ao comprometimento do produto (TOLENTINO; GOMES, 2008).

Na etapa de recepção são separados os frutos estragados dos saudáveis que são armazenados e higienizados, em seguida são levados para etapa de lavagem/sanitização, para reduzir a carga microbiana inicial na lavagem e sanitizadas pela utilização de agentes sanitizantes, como o cloro e o detergente, muito empregados na indústria de alimentos. Já a etapa de extração é feita uma separação da polpa do fruto, consistindo em passar os frutos descascados ou não, inteiros ou desintegrados por um equipamento chamado de despulpadeira, em seguida é realizada a clarificação para reduzir ou eliminar o teor de sólido suspensos. A próxima etapa é a desaeração, feita para retirar o excesso de gases do suco, evitando a oxidação dele, que pode causar o escurecimento. Na etapa de formulação é adicionado água, açúcar, aditivos/conservantes à polpa e, por último, a conservação do suco ocorre no menor tempo possível para preservar as características originais, mais próximas dos frutos *in natura* (TOLENTINO; GOMES, 2008).

3.1.1 Microbiota contaminante de sucos de frutas

Um dos aspectos mais importantes no campo de tecnologia de alimentos é a identificação das causas de deterioração dos produtos alimentícios, visando sua compreensão e atuação para retardá-las ou evitá-las, quando possível. Segundo Erkmen e Bozoglu (2016), as alterações alimentares podem ser de origem enzimática, como o escurecimento enzimático, de origem química, como a oxidação lipídica, de origem física (contaminação por pragas) ou biológica, como por exemplo o crescimento de microrganismos e a produção de suas toxinas.

Os microrganismos, como as bactérias ácido-tolerantes e os fungos (bolores e leveduras), podem usar as frutas *in natura* ou sucos de frutas como substrato, causando a sua deterioração, com a produção de micotoxinas e doenças vinculadas por alimentos (TOURNAS et al., 2006; KEYSER et al., 2008; SNYDER; WOROBO, 2018).

Os fungos são microrganismos largamente distribuídos no meio ambiente, incluindo o ar, a água, o solo e o pó. Como consequência, os alimentos podem tornar-se contaminados com uma ampla variedade de espécies fúngicas, originárias de fontes ambientais e que, sob condições favoráveis, podem multiplicar-se nos alimentos e provocar a sua deterioração (TANIWAK et al., 2001).

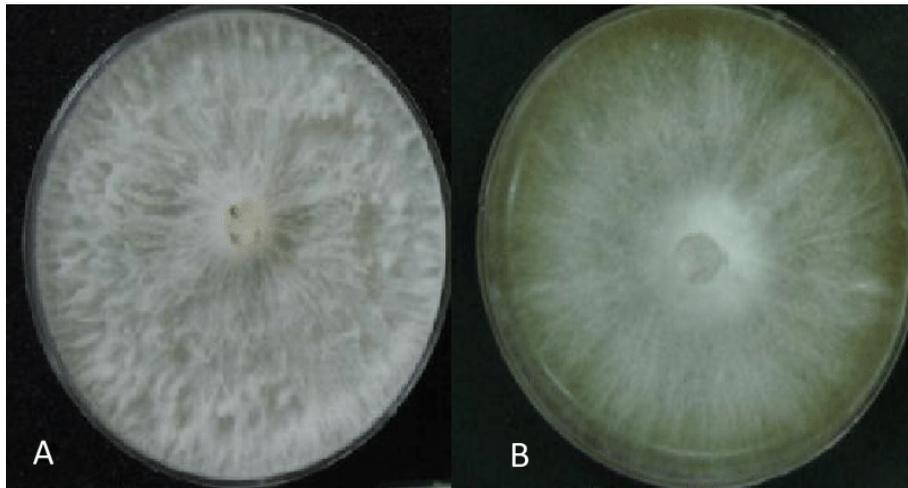
As leveduras, assim como os bolores, são fungos, mas deles diferenciam-se por apresentarem-se, usual e predominantemente, sob forma unicelular, com forma variada, de esférica a ovoide e de elipsoide a filamentosa (PELCZAR et al., 1996). Como células simples, as leveduras crescem e se reproduzem mais rapidamente do que os bolores (PELCZAR et al., 1981). Neste trabalho, o termo “fungo” será usado exclusivamente para denominar os FFT, ou seja, os bolores. As leveduras deteriorantes não serão abordadas.

3.2.1 Bolores

Os bolores são células cilíndricas e algumas espécies possuem valor considerável, como por exemplo, para a produção de antibióticos, como a penicilina (*Penicillium notatum*), produtos alimentícios, como o queijo roqueforti (*Penicillium roqueforti*), produção de enzimas de interesse para a indústria de alimentos, como a α -amilase, produzida por *Aspergillus niger* e *Aspergillus oryzae*, dentre muitos outros exemplos. Contudo, eles também são responsáveis pela deterioração de diferentes materiais, tais como a matéria têxtil e a madeira, que causam algumas doenças em humanos, animais e plantas (PELCZAR et al., 1996; MEYER, 2008). Os bolores são formados por filamentos denominados hifas, que crescem rapidamente à temperatura ambiente e ramificam-se. Cada hifa é formada pela reunião de muitas células. As paredes rígidas das hifas são formadas de quitina, celulose e glicose (TANIWAK, 2001). O conjunto de hifas ramificadas é denominado micélio (LAZZARI, 1997).

De acordo com Acosta-Urdapilleta et al. (2016), o micélio que se projeta na superfície e cresce acima do meio de cultivo é o micélio aéreo (Figura 2A), já o micélio que se desenvolve no interior do substrato e funciona também como elemento de sustentação e de absorção de nutrientes, é denominado de micélio vegetativo ou micélio rasteiro (Figura 2B).

Figura 2 - Micélio de tipo aéreo (A) e rasteiro (B) do gênero *Pleurotus*.



Fonte: Acosta-Urdapilleta et al. (2016).

O micélio pode se apresentar como vegetativo, exercendo as funções de assimilação, de fixação e de crescimento das espécies, ou diferenciar-se em micélio de frutificação, que serve à reprodução da espécie. Quando o micélio aéreo se diferencia para sustentar os corpos de frutificação (também denominados de propágulos), constitui o micélio reprodutivo (TRABULSI, 1991).

3.2.1.1 Fungos filamentosos termoresistentes (FFT)

Os alimentos mais susceptíveis à deterioração por FFT são as frutas e os produtos de frutas, como os sucos, os purês, os néctares, as polpas, os concentrados, as frutas enlatadas e os alimentos infantis à base de frutas. No Quadro 1 estão apresentados alguns fungos deteriorantes de alimentos, tanto in natura quanto processados, o foco de cada pesquisa e as suas respectivas referências.

Quadro 1 - Fungos em alimentos in natura e processados.

Fungo	Alimento	Foco do estudo	Referência
<i>Byssochlamys</i> spp.	Néctar misto de cajá e umbu	Caracterizar físico e físico-quimicamente os frutos cajá e umbu	Mattietto et al. (2007)
<i>Byssochlamys nivea</i> <i>Byssochlamys fulva</i> <i>Talaromyces flavus</i>	Tomate	Determinar a ocorrência de FFT durante o processamento asséptico da polpa de tomate envasada em embalagem cartonada	Spotti et al. (1992)
<i>Byssochlamys fulva</i>	Morango	Estudar o desenvolvimento de FFT em sucos de frutas concentrados	Houbraken et al. (2006); Salomão et al. (2002)
<i>Byssochlamys nivea</i>	Suco de abacaxi e de maracujá	Avaliar os parâmetros cinéticos de inativação, por meio dos parâmetros D e Z, dos FFT isolados dos néctares de maracujá e abacaxi	Rosenthal et al. (2002)
<i>Neosartorya fischeri</i>	Morangos enlatados	Avaliar as alterações físico-químicas dos morangos submetidos aos diferentes tratamentos de irradiação em diversos períodos de armazenamento	Kavanagh et al. (1963)
<i>Fusarium verticillioides</i>	Milho	Avaliar a capacidade de leveduras controlarem o crescimento de <i>F. verticillioides</i> com cepas micotoxigênicas e não micotoxigênicas	Lazzari (1993)
<i>Aspergillus</i> spp. <i>Rhizopus</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. <i>Mucor</i> spp.	Leite	Caracterizar os gêneros de fungos miceliais encontrados em amostras de leite humano ordenhado	Alexandre et al. (1996)
<i>Penicillium</i> spp. <i>Alternaria triticina</i> <i>Cladosporium oxysporium</i> <i>Acremonium</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Eupenicillium</i> spp. <i>Acremonium strictum</i> <i>Alternaria</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Curvularia brachyspora</i> <i>Pestalotiopsis cruenta</i> <i>Phoma joliana</i> <i>Verticillium theobromae</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>	Banana	Determinar a ocorrência e a frequência de fungos em banana “Prata anã” e elucidar o agente causador das podridões em pós-colheita de frutos	Mesturino (1988)
<i>Neosartorya fischeri</i>	Suco de uva	Avaliar a microbiota de sucos, principalmente os microrganismos patogênicos e deteriorantes	Suresh et al. (1996)

Fonte: elaborada pela autora (2021).

Diversos trabalhos têm sido publicados na literatura nos últimos cinco anos relacionados a aplicação de métodos não térmicos para a inativação de microrganismos (*Salmonella* spp., *Escherichia coli* spp., *Saccharomyces cerevisiae*,

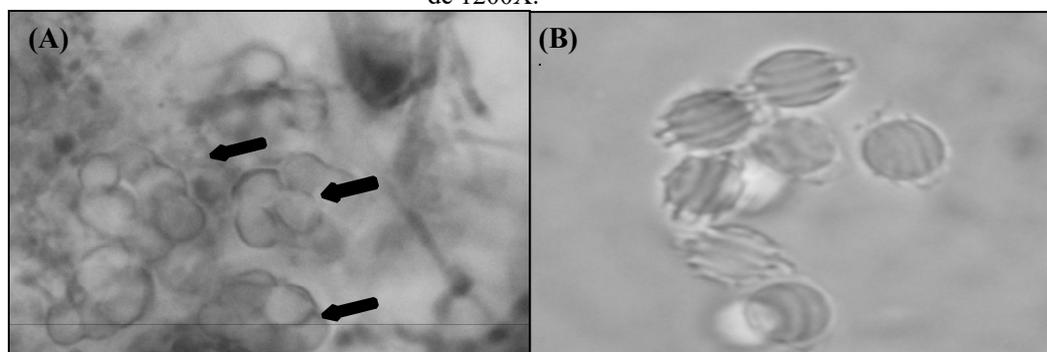
Alicyclobacillus acidoterrestris) em alimentos (MONYETHABENG; KRÜGEL, 2016, FERRARIO; GUERRERO, 2017; TREMARIN et al., 2017, ESTILO; GABRIEL, 2018).

O primeiro relato extensivo sobre deterioração por FFT foi feito por Olliver e Rendle (1934), que reconheceram ser *B. fulva* o agente causador da deterioração em frutas processadas na Inglaterra. Dentre os vários tipos de frutas, aquelas que são colhidas diretamente do solo ou que estão próximas dele, como morango, ameixa, maracujá, uva, abacaxi, pêssigo e maçã, são as mais afetadas pela deterioração por FFT (HOCKING; PITT, 2001; HOUBRAKEN et al., 2006).

As espécies de fungos termorresistentes identificadas como deteriorantes de produtos à base de frutas são: *Byssochlamys* spp., *Aspergillus* spp., *Eupenicillium* spp., *Neosartorya* spp. e *Talaromyces* spp. (VALIK; PIECKOVA, 2001; SURESH et al., 1996; TOURNAS, 1994). Devido a essa resistência, os FFT podem crescer e contaminar produtos durante a estocagem à temperatura ambiente, o que decorre em grandes perdas econômicas.

Uma característica dos FFT é a formação de ascósporos muito resistentes. O tamanho, a forma e a ornamentação destes ascósporos variam com o tipo, a espécie e a linhagem de microrganismo, bem como as condições dos meios sob os quais os esporos são formados. A principal característica destes fungos é a formação do asco (Figura 3A), que é uma estrutura em forma de saco ou bolsa, no interior da qual são produzidos oito ascósporos (Figura 3B) de forma e cor variados para cada espécie. Quando amadurecem, os ascos sofrem uma ruptura por onde são liberados os ascósporos. Esses últimos possuem parede, e são geralmente ornamentados e refrateis. Os ascos de alguns desses fungos são recobertos por um grande corpo de frutificação que leva o nome geral de ascocarpo.

Figura 3 - (A) Ascos do *Byssochlamys fulva* (setas). (B) Ascósporos equatoriais do *N. fischeri*. Aumento de 1200X.



Fonte: adaptado de Magalhães et al. (2009).

A pasteurização normalmente aplicada aos produtos de frutas ativa os ascósporos dormentes, que germinam e permitem o crescimento dos FFT (BEUCHAT, 1986; ENGEL; TEUBER, 2001; SLONGO; ARAGÃO, 2006). As espécies do gênero, da estrutura da fruta, além de serem potencialmente produtoras da toxina patulina (HOCKING; PITT, 2001).

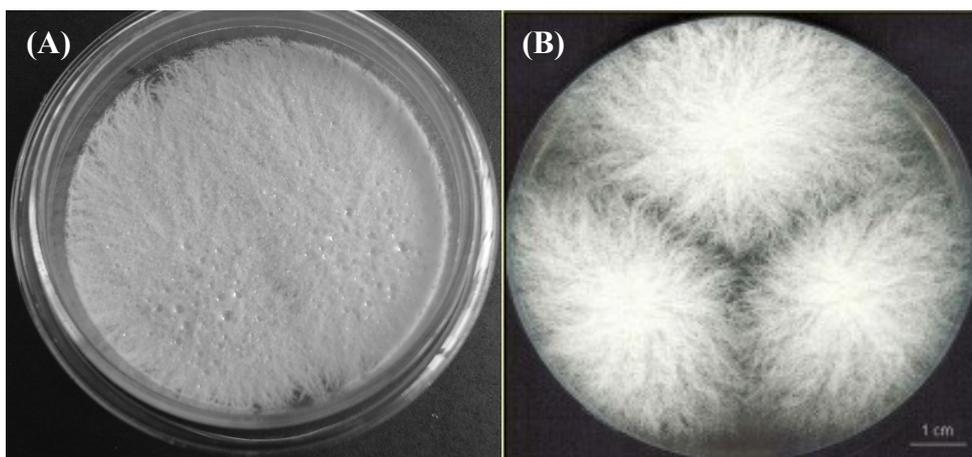
3.2.1.1.1 Espécies *Byssochlamys fulva* e *Byssochlamys nivea*

O gênero *Byssochlamys* spp. é um ascomiceto caracterizado pela ausência de cleistotécios, gimnostécios ou outros corpos envolvendo os ascos durante o desenvolvimento. Os ascos em *Byssochlamys* spp. nascem em cachos abertos, em associação com hifas finas brancas não estruturadas, não sendo, no entanto, cercados por elas (ver Figura 3A).

A espécie *B. fulva* é um microrganismo cuja principal característica é a presença de ascósporos (esporos produzidos pelos representantes do sub-reino Ascomiceto) que sobrevivem aos tratamentos de pasteurização aplicados aos sucos de frutas. Além disso, tolera baixas tensões de oxigênio e seu crescimento nos produtos à base de fruta resulta em grande degradação e perda de sua consistência devido à ação de enzimas pectinolíticas (SALOMÃO et al., 2007).

De acordo com a literatura, quatro espécies do gênero *Byssochlamys* já foram descritas: *B. fulva*, *B. nivea*, *B. zollerniae* e *B. verrucosa*. As espécies *B. fulva* e *B. nivea* são as mais citadas como deteriorantes e produtoras de micotoxinas em alimentos. A espécie *B. fulva* foi isolada de frutas recém colhidas, particularmente uvas, morangos e ameixas. É encontrada, também, em morangos processados, sucos de frutas e alimentos infantis à base de frutas (HOUBRAKEN et al., 2006; SALOMÃO et al., 2002). Na figura 4 observa-se crescimento de *B. fulva* nos meios de cultivo MEA e CYA.

Figura 4 – Crescimento de *Byssochlamys fulva* no meio de cultivo (A) MEA e no meio de cultivo (B) CYA.

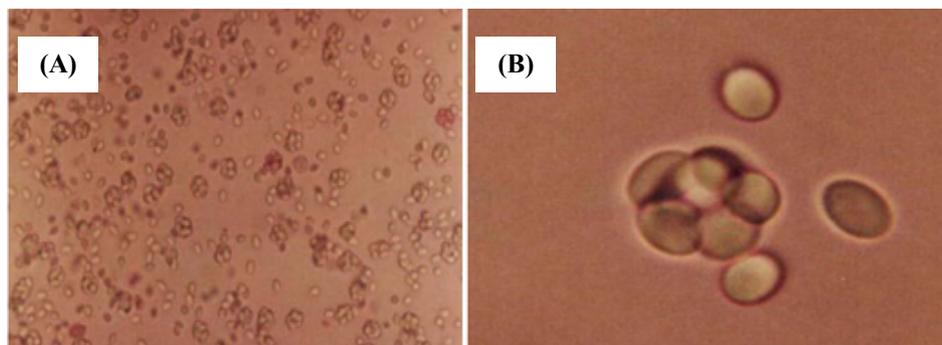


Fonte: adaptado de Kubátová (2006).

Os ascos formam-se melhor a 30 °C, maturando entre 7 e 12 dias; a 25 °C, o teleomorfo forma-se em culturas novas, mas apresentam maturação lenta, quando ocorre. Os ascos são esféricos a subsféricos e os ascósporos são elipsoidais, hialinos, cor de palha. O anamorfo é mais bem observado a 25 °C e consiste em penicílios do *Paecilomyces fulvus*.

Em estudo realizado por Salomão (2002), as colônias de *B. fulva* em meio de cultura G25N apresentam-se brancas com reverso amarelo oliva. Os autores observaram microscopicamente, uma grande quantidade de ascos de formato esférico e rearranjados de forma irregular, e os ascósporos apresentaram-se elipsoidais e de parede lisa. A maior característica dessa espécie é a presença de ascos nus, ou seja, sem qualquer tipo de ascocarpo que os envolvesse (SALOMÃO, 2002). A Figura 5 abaixo representa asco e ascósporos de *B. fulva*.

Figura 5 – Asco e ascósporos de *Byssochlamys fulva* observados com objetiva de (A) 100X e (B) 40X.



Fonte: adaptado de Salomão (2002)

3.2.1.1.2 Espécie *Neosartorya fischeri*

N. fischeri é conhecida como uma das mais importantes espécies de FFT com importância econômica mundial devido ao seu potencial de deterioração de alimentos. Além de sua prevalência no solo, matéria-prima e produtos alimentícios pasteurizados, os ascósporos de *N. fischeri* são classificados como uma das células eucarióticas mais resistentes, capazes de persistir em ambientes hostis por longos períodos e resistir à pasteurização por calor extremo (CONNER; BEUCHAT, 1987; GODDARD et al., 2005; SNYDER; WOROBO, 2018a; SNYDER; WOROBO, 2018b).

As colônias podem ter cabeças conidiais esverdeadas espalhadas com reverso amarelado. Os cleistotécios brancos amadurecem em uma a duas semanas a 25 °C; os ascósporos são elipsoidais, ornamentados com duas saliências longitudinais. A Figura 6 representa a forma anamorfa aspergilar do *A. fischeri* (BEUCHAT; PITT, 2001).

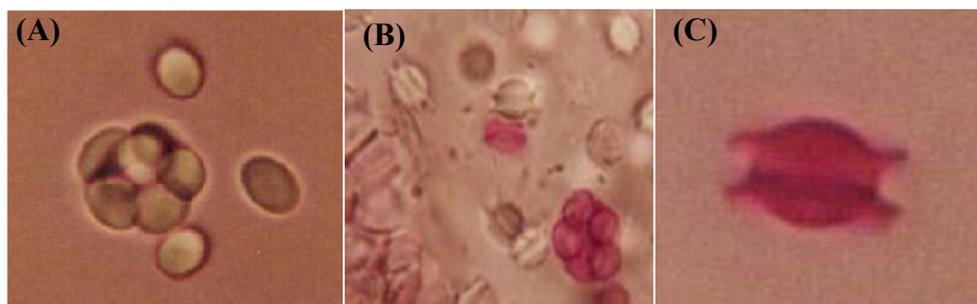
Figura 6 – Visualização da forma anamorfa aspergilar do *Aspergillus fischeri*. Aumento de 400X.



Fonte: Magalhães et al. (2009).

Essa espécie pode apresentar-se como forma anamorfa, pertencente ao gênero *Aspergillus* spp., (como já apresentado anteriormente na seção 1 deste trabalho). A Figura 7 abaixo representa o asco e os ascósporos de *B. fulva* e de *N. fischeri*.

Figura 7 – (A) Asco e ascósporos de *Byssochlamys fulva*, (B) e (C) asco e ascósporos de *Neosartorya fischeri*. Todas as imagens foram observadas com objetiva de 100X.



Fonte: adaptado de Salomão (2002)

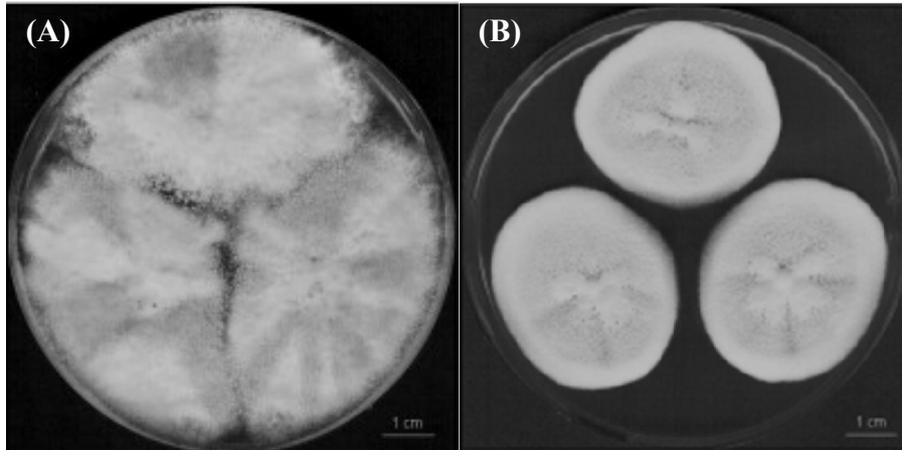
3.2.1.1.3 Gênero *Talaromyces* spp.

O gênero *Talaromyces* sempre foi estritamente relacionado ao gênero *Penicillium*, denominado como sua forma teleomorfa. São conhecidos pelas suas atividades biológicas e seus compostos químicos (KOOLEN et al., 2013).

Dentre os possíveis fungos contaminantes de alimentos, espécies com a habilidade de produzir esporos termorresistentes são merecedoras de especial atenção. Esporos fúngicos são capazes de sobreviver aos tratamentos térmicos usualmente aplicados na indústria de alimentos. De acordo com Aneja et al. (2014), os esporos de *Talaromyces flavus* exibem tal característica, pois são capazes de sobreviver a tratamentos térmicos de 100 °C por vários minutos em frutos. Traquillini et al. (2017) demonstraram a existência de esporos de fungos pertencentes ao gênero *Talaromyces* em produtos após os processos modernos de pasteurização.

A análise macroscópica desse fungo é realizada principalmente em meios CYA e MEA (PITT; HOCKING, 1985).

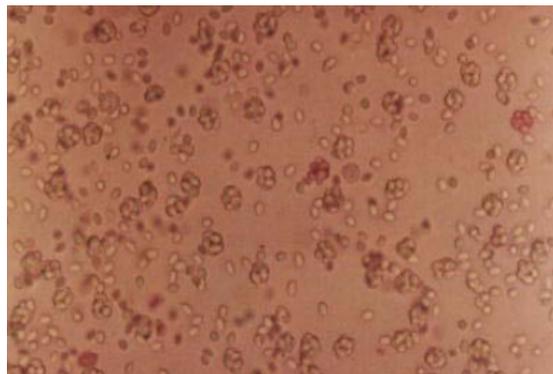
Figura 8 – Crescimento de *Talaromyces macrosporus* em meios de cultura (A) MEA e (B) CYA.



Fonte: adaptado de Kubátová (2006).

Os ascósporos pertencentes a este gênero apresentaram formas elipsoidais e espinhoso. A Figura 9 representa ascósporos de *Talaromyces* spp.

Figura 9 – Ascósporos de *Talaromyces* spp. observados de 100X



Fonte: Salomão (2002).

3.2.1.1.4 Gênero *Eupenicillium* spp.

O fungo *Eupenicillium* spp. tem a capacidade de produzir esporos de parede lisa, com formato esférico a ovóide, sendo comum a visualização de cleistotécio que, posteriormente, liberará no meio ascos contendo oito ascósporos. Suas características de crescimento em CYA são de crescimento rápido e denso, com micélio amarelo e pouco exsudado sem cor, sendo seu reverso usualmente âmbar (PITT; HOCKING, 1985).

Segundo Tournas (1994), o fungo *Eupenicillium brefeldianum* é o principal microrganismo responsável pela deterioração de sucos na África. Aragão (1989) demonstrou em seus estudos com suco de morango que o gênero de maior incidência se

tratava de *Eupenicillium* spp. com capacidade de resistência térmica maior do que a citada por outros autores.

Esse gênero produz cleistotécio que, em muitos casos, torna-se extremamente rígido e pode permanecer por semanas ou meses até finalmente amadurecer para assim produzir numerosos ascos com oitos ascósporos em seu interior. Os ascósporos são elipsoidais possuindo uma leve ruga longitudinal além de apresentar superfície áspera. Foram identificadas 37 espécies de *Eupenicillium* spp., sendo que as mais comumente isoladas de alimentos são: *E. brefeldianum*, *E. cinnamopurpureum*, *E. hirayamae* e *E. javanicum*. A fase anamorfa deste gênero é o *Penicillium* spp. (PITT; HOCKING, 1985). Em MEA e CYA as colônias apresentaram coloração que vai do branco ao amarelo pálido com aspecto denso, rugoso e presença de exsudado. A Figura 11 representa cleistotécio de *Eupenicillium* spp.

Figura 10 - Cleistotécio de *Eupenicillium* spp. observados com objetiva de 10X.



Fonte: Salomão (2002)

3.3 MÉTODOS DE INATIVAÇÃO DE FUNGOS

A deterioração de alimentos por microrganismos causa grandes perdas para indústrias, determinando na maioria dos casos, o final da vida útil dos alimentos (MARTINS, 2015). Para diminuir estes prejuízos, é necessário conhecer o principal deteriorante do alimento, bem como encontrar processos para inativar ou dificultar seu crescimento. Os tratamentos térmicos e o uso de aditivos químicos estão entre as técnicas mais utilizadas para conservação de alimentos (GUERREROBELTRÁN; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004; ALLENDE et al., 2009; ÖLMEZ; KRETZSCHMAR, 2009). O uso

de calor pode alterar as características sensoriais e nutritivas dos alimentos como alteração da cor, perda de aromas e perda de compostos benéficos à saúde do consumidor (BAHÇECI; ACAR, 2007; GUERRERO-BELTRÁN; BARBOSACÁNOVAS, 2004).

Sanitizantes químicos, como cloro, também são amplamente utilizados e possuem inúmeras desvantagens como depósito de resíduos prejudiciais à saúde do consumidor, ao ambiente quando descartados, além da produção de gases tóxicos prejudiciais ao manipulador destes alimentos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 1998).

3.3.1 Processamento térmico

O processamento térmico ou tratamento térmico é muito utilizado na indústria de alimentos, seu principal objetivo é de preservar a qualidade e diminuir sua carga microbiana evitando danos à saúde humana. O tratamento térmico por sua vez é responsável por destruição de enzimas, redução ou eliminação da microbiota e morte de insetos, fazendo com que se estenda sua vida útil durante o armazenamento (KWOK et al., 1995).

Este tipo de tratamento é efetivo em diversos produtos como, por exemplo, em leite, bebidas vegetais tais como leite de soja, leite de amêndoas, entre outras. Esses são meios ideais para o crescimento microbiano e, portanto, a sua qualidade pode facilmente deteriorar-se devido ao rápido crescimento de microrganismos deteriorantes (KWOK et al., 1995).

3.3.1.1 Pasteurização

A pasteurização é um processamento térmico empregado para a inativação enzimática, destruição de microrganismos patogênicos e deteriorantes de baixa resistência ao calor, sendo utilizada quando tratamentos mais rigorosos podem influenciar negativamente as propriedades sensoriais e nutritivas do alimento. Também é aplicada em produtos alimentícios que serão posteriormente armazenados em condições que minimizem o crescimento bacteriano, como a refrigeração e o uso de aditivos químicos e de embalagens herméticas, visando à conservação do alimento (FONSECA et al., 1984).

A pasteurização de sucos de frutas visa inativar microrganismos patogênicos, grande parte dos deteriorantes e enzimas responsáveis pela diminuição da qualidade dos

sucos, e estender a vida útil dos produtos, além de almejar a mínima degradação de nutrientes possível (compostos fenólicos, carotenoides, vitaminas) (RAJAURIA; TIWARI, 2018).

Para a maioria das frutas, temperaturas de pasteurização mais brandas, em torno de 70 a 75 °C, são eficazes na inativação de enzimas, bactérias, leveduras e conídios de fungos contaminantes comuns (PITT; HOCKING, 2009). No entanto, alguns microrganismos como FFT e bactérias acidófilas formadoras de ascósporos são termicamente mais resistentes e podem sobreviver ao processo de pasteurização aplicado em sucos de frutas.

3.3.2 Radiação Ultravioleta do tipo C (UV-C)

Para atender as demandas dos consumidores, o processamento não térmico dos alimentos surge como uma alternativa viável. Nesse sentido, os tratamentos por radiação, como a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), também chamada luz UV, UV germicida ou simplesmente radiação UV-C, vem apresentando resultados promissores na qualidade dos produtos e na sua aplicação industrial. Esses resultados indicam que o tratamento com radiação UV-C causa mínimas alterações em um produto fresco e é capaz de reduzir a carga microbiana (AMIT, 2017).

A radiação UV-C tem efeito microbicida se for utilizada com intensidade e tempo de exposição suficientes, encontrando aplicações diversas como na esterilização do ar, de superfícies de equipamentos e de embalagens de alimentos. Fontes com comprimentos de ondas inferiores a 200 nanômetros são ineficientes, visto que as ondas são rapidamente absorvidas pelo oxigênio e pela água (ALEXANDRE et al., 2008).

Na conservação de alimentos, a radiação UV-C é empregada principalmente para a pasteurização de produtos líquidos e superfícies lisas, como por exemplo, aplicações em sucos de tomate (BHAT, 2016). Em alimentos sólidos, como por exemplo tomates verdes, Lim et al. (2016) verificaram uma diminuição significativa de populações de *Salmonella* spp. com a aplicação de radiação UV-C. De acordo com esses autores, os tratamentos com radiação UV-C, na preservação de alimentos, detêm a capacidade de melhorar ou manter parâmetros de qualidade sensorial, nutritiva e microbiológica, favorecendo uma elevada possibilidade de exploração comercial. A principal vantagem da radiação UV-C, frente ao tratamento térmico, está na possibilidade de fornecer produtos alimentares de melhor qualidade, do ponto de vista nutricional, sensorial, de

segurança microbiológica. Além disso, a radiação UV-C pode aumentar o valor comercial, por apresentar-se como uma tecnologia ambientalmente correta (PATARO, 2015; BHAT, 2016).

3.3.3 Processamento de alta pressão (HPP)

O processamento de alta pressão (HPP) é uma tecnologia não térmica, também chamado de “pasteurização a frio”, usado para estender a vida útil de alimentos, submetendo os produtos em sua embalagem final a pressões extremas (450–600 MPa), os tempos de exposição do produto a uma pressão pré-estabelecida podem variar de um milissegundo a mais de 1.200 segundos, normalmente em temperaturas de refrigeração (5 °C) (LADO; YOUSEF, 2002; BLACK et al., 2007).

Produtos tratados com HPP retêm melhores propriedades sensoriais e nutritivas em comparação com produtos termicamente processados. A perda de cor é geralmente mínima, mas pode aumentar durante a vida útil. A retenção de vitaminas é geralmente melhorada em comparação com o processamento térmico (CASTRO; SARAIVA, 2014).

3.3.4 Processamento térmico de alta pressão (HPTP)

O tratamento de alta pressão hidrostática é um processo alimentar não térmico, tecnologia utilizada como alternativa ao tratamento térmico. Isto resulta em processamento em temperaturas mais baixas e/ou retenção mais curta vezes do que um tratamento térmico, visando um produto seguro com qualidade comprovada. A pasteurização de alta pressão é uma combinação de pressão e tempo, normalmente em 400–600 MPa por 1–10 min de tempo de retenção realizado à temperatura ambiente (MATSER et al., 2016).

Muitas aplicações desta técnica têm foram introduzidos comercialmente, por exemplo, o tratamento de vegetais produtos, produtos de carne, frutos do mar e peixes, sucos e bebidas (HUANG et al., 2017; TONELLO, 2011).

3.3.5 Homogeneização de Ultra Alta Pressão (UHPH)

A homogeneização de ultra alta pressão (UHPH) uma tecnologia emergente de preservação de alimentos baseada nos princípios do convencional processo de

homogeneização usado na indústria de laticínios, mas aplicando pressões consideradas mais elevadas de até 400 MPa. A UHPH permite processar alimentos fluidos, e sua efetividade na inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, em sucos de frutas foram demonstrados, prolongando sua vida útil e ajudando a preservar seu valor nutricional (SUÁREZ-JACOBO et al., 2010; VELÁZQUEZ-ESTRADA et al., 2012).

Esporos bacterianos são muito resistentes a esta tecnologia quando aplicada em baixas ou moderadas temperaturas (AMADOR-ESPEJO et al., 2014; ROIG-SAGUÉS et al., 2015).

3.3.6 Ultrassom de alta potência (HPU)

A ultrassonicação também chamada HPU é um método não térmico no processamento de alimentos que tem a vantagem de conservar sucos de frutas com ou sem causar os efeitos colaterais comuns associados ao convencional tratamentos térmicos. Aplicações de ultrassom no processamento de sucos de frutas e os efeitos da sonicação em sucos de frutas foram relatadas em vários estudos (MOHIDEEN et al., 2015; TIWARI, 2009)

O ultrassom é usado em aplicações práticas em conjunto com tratamento de pressão (manosonicação), tratamento térmico (termossonicação) ou ambos (manotermossonicação). O efeito do ultrassom foi atribuído principalmente a fatores físicos (cavitação, efeitos mecânicos, choques micro-mecânicos) e/ou efeitos químicos devido à formação de radicais livres (H e OH devido à reação sonoquímica) formada pela decomposição da água dentro do oscilante bolhas (O'BRIEN, 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ARTIGOS

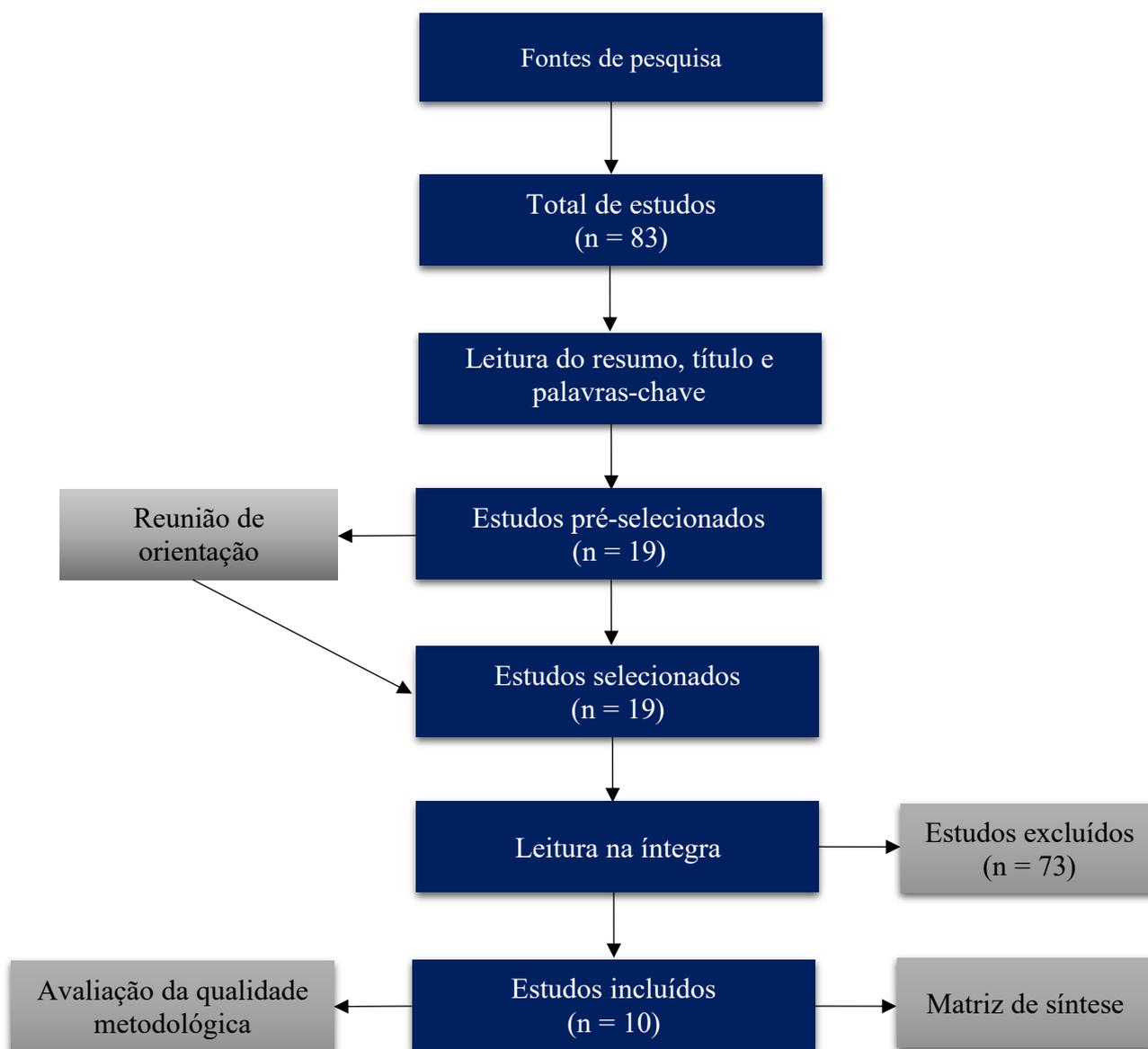
Para identificar os estudos que abordavam o tema e realizados em diferentes países, foram realizadas buscas sistematizadas na base de dados *ScienceDirect* (<https://www.sciencedirect.com>). Os termos de busca utilizados nas bases foram: *fruits juices* e *heat-resistant moulds inactivation*. As buscas foram limitadas por tipo de artigo. A última busca foi realizada em 23 de fevereiro de 2021. Para a seleção dos estudos, utilizou-se como critério de inclusão de estudos de diferentes países, completos, que abordassem o tema “métodos de inativação de fungos termorresistentes em sucos de frutas” e/ou “inativação dos esporos de fungos termorresistentes em sucos de frutas”, no idioma inglês e nos últimos cinco anos. Foram excluídas as revisões de literatura e as revisões sistemáticas.

4.2 PRÉ-SELEÇÃO

Para chegar a pré-seleção, buscou-se os títulos e/ou palavras chaves que poderiam ter relação com a temática da revisão deste trabalho. Foram usadas as seguintes palavras para localizar os títulos dos artigos: *juices*, *fruits juices*, *heat-resistant moulds* e *inactivation*, as palavras foram buscadas em inglês, idioma de origem dos artigos. Em seguida, foi realizada uma leitura para melhor entendimento do conteúdo dos mesmos.

Na pré-seleção, foram descartados artigos que não tinham qualquer relação direta com inativação de fungos termorresistentes em frutas e/ou sucos de frutas, exemplos: artigos que não falavam de frutas e/ou suco de frutas, sobre a inativação de fungos termorresistentes, tratamentos térmicos e/ou não térmicos e tecnologias emergentes para a inativação de fungos termorresistentes. Com isso, foram descartados 73 artigos. Depois de uma reunião com os orientadores deste trabalho para discutir as abordagens dos artigos, foram selecionados 10 artigos (Figura 11).

Figura 11 - Fluxograma da revisão integrativa do trabalho.



Fonte: elaborada pela autora (2021).

4.3 ANÁLISE DOS ARTIGOS PRÉ-SELECIONADOS

A avaliação para a seleção dos artigos foi realizada pela autora deste trabalho e, em seguida, apresentada aos orientadores para verificar se havia divergência de opiniões, e estas foram sanadas por meio de um consenso. A seleção inicialmente foi realizada através de títulos, seguida por resumos, e quando selecionados, por leitura completa dos artigos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 10 artigos selecionados foram todos aprovados para a revisão integrativa. Os artigos foram lidos na íntegra e analisados suas principais informações. No Quadro 2 abaixo estão apresentados os títulos e as referências dos artigos selecionados para essa revisão.

Na abordagem proposta, a busca eletrônica retornou 83 artigos a partir das palavras-chave referenciadas. Após seleção manual, por meio de leitura dos títulos, foram descartados aqueles que não contemplavam os critérios de inclusão (Figura 11 na seção 4). O resultado final foi um total de 10 artigos incluídos, com diferentes abordagens: inativação de fungos e/ou ascósporos de fungos por diferentes métodos, conforme apresentados no Quadro 2. Os resultados das pesquisas selecionadas para esta revisão integrativa estão descritos nas seções abaixo.

Quadro 2 – Temas dos artigos selecionados para a revisão integrativa sobre inativação de FFT em frutas e/ou sucos de frutas e o método utilizado para a inativação.

Títulos das pesquisas	Método	Referência
<i>Aspergilli with Neosartorya-type ascospores: heat resistance and effect of sugar concentration on growth and spoilage incidence in berry products</i>	CH	Berni et al. (2017)
<i>Modeling of Byssochamys nivea and Neosartorya fischeri inactivation in papaya and pineapple juices</i>	CH	Souza et al. (2017)
<i>Occurrence and ecological distribution of Heat Resistant Moulds Spores (HRMS) in raw materials used by food industry</i>	CH	Tranquillini; Scaramuzza e Berni (2017)
<i>Influence of high-power ultrasound on selected moulds, yeasts and Alicyclobacillus acidoterrestris in apple, cranberry and blueberry juice and nectar</i>	HPU	Jambrak et al. (2018)
<i>Inactivation of ascospores of Talaromyces macrosporus and Neosartorya spinosa</i>	UV-C e UHPH	Sauceda-Gálvez et al. (2019)
<i>High pressure processing of spoilage fungi as affected by water activity in a diluted apple juice concentrate</i>	HPP	Buerman; Worobo e Padilla-Zakour (2020)

Quadro 3 – Temas dos artigos selecionados para a revisão integrativa sobre inativação de FFT em frutas e/ou sucos de frutas e o método utilizado para a inativação.

(continuação)

Títulos das pesquisas	Método	Referência
<i>Modeling the inactivation of Aspergillus fischeri and Paecilomyces niveus ascospores in apple juice</i>	UV-C	Menezes et al. (2020)
<i>Comparing thermal inactivation to a combined process of moderate heat and high pressure: Effect on ascospores in strawberry puree</i>	CH e HPTP	Timmermans et al. (2020)
<i>High pressure processing of heat and pressure resistant fungi as affected by pH, water activity, sulfites, and dimethyl dicarbonate in a diluted apple juice concentrate</i>	HPP	Buerman; Worobo e Padilla-Zakour (2021)
<i>Effect of pasteurization on Aspergillus fumigatus in apple juice: Analysis of the thermal and electric effects</i>	CH e OH	Müller et al. (2021)

CH: tratamento térmico convencional (do inglês: *conventional heating*); HPP: processamento de alta pressão (do inglês: *high pressure processing*); OH: tratamento térmico ôhmico (do inglês: *ohmic heating*); UV-C: radiação ultravioleta; HPTP: processamento térmico de alta pressão (do inglês: *high pressure thermal processing*); UHPH: homogeneização de ultra alta pressão (do inglês: *ultra-high pressure homogenization*), HPU: ultrassom de alta potência (do inglês: *high power ultrasound*).

Fonte: elaborado pela autora (2021).

5.1 MÉTODOS TÉRMICOS DE INATIVAÇÃO DE FUNGOS TERMORRESISTENTES

5.1.1 Tratamento térmico convencional e/ou ôhmico (resistência térmica)

As aplicações de métodos térmicos para a inativação de FFT foram relatadas em quatro das pesquisas selecionadas, desde 2017 a 2021. Dentre essas, dois artigos avaliaram a resistência térmica de FFT em frutas e/ou produtos de frutas. Na pesquisa de Berni et al. (2017), estudaram a resistência térmica de quatro cepas de *Aspergillus* termorresistentes, sendo duas cepas da espécie *Aspergillus hiratsukae* (*Neosartorya hiratsukae*), uma cepa de *Aspergillus neoglaber* (*Neosartorya glabra*) e uma cepa de *Aspergillus thermomutatus* (*Neosartorya pseudofischeri*), em solução de glicose e em formulação a base de morango. Enquanto Tranquillini; Scaramuzza e Berni (2017), isolaram, por meio da detecção de esporos, duas espécies de *Talaromyces* spp.

(*T. trachyspermus* e *T. bacillisporus*) e testaram a sua resistência térmica em suco de uva com mirtilo.

Diante dos resultados das pesquisas citadas anteriormente, a espécie *N. glabra* apresentou maior resistência térmica ($D = 15,4$ min a $87\text{ }^{\circ}\text{C}$) em formulação a base morango, enquanto a espécie *N. hiratsukae* apresentou menor resistência térmica em formulação a base morango quando comparada a solução de glicose ($D = 3,3$ min vs $7,7$ min a $87\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente). Os autores destacaram que a adição de sacarose pode causar aumento na resistência térmica dos FFT, devido ao aumento do conteúdo de sólidos solúveis, expressos em $^{\circ}\text{Brix}$. Ao relacionar esses resultados com os obtidos por Tranquillini; Scaramuzza e Berni (2017), buscaram-se comparar a temperatura mais próxima utilizadas por ambos os trabalhos, que foi de $88\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dentre as espécies de FFT relatadas, a espécie *T. bacillisporus* apresentou um valor D de $2,71$ min a $88\text{ }^{\circ}\text{C}$, em suco de uva com mirtilo e uma maior resistência térmica quando utilizada uma solução de glicose ($D = 4,07$ min a $88\text{ }^{\circ}\text{C}$), corroborando com a teoria de que os valores de graus Brix influenciam no aumento da resistência térmica dos FFT, ou seja, quanto maior o conteúdo de sólidos solúveis, maiores os valores de D . No entanto, os autores não comentaram sobre o efeito do sólidos solúveis, apenas afirmaram que um processo de pasteurização tradicional seria insuficiente para evitar qualquer problema de deterioração com *T. bacillisporus*, mesmo que a contaminação por FFT das matérias-primas processadas pelas indústrias de alimentos seja geralmente baixa (< 100 UFC/kg), uma vez que a indústria de alimentos geralmente tenta atingir cinco ou mais reduções logarítmicas em seus produtos.

Ao prosseguir com a abordagem do conteúdo de sólidos solúveis e a inativação de FFT, os pesquisadores Souza et al. (2017) avaliaram a inativação de *B. nivea* e *N. fischeri* em sucos de abacaxi e mamão, influenciada pela temperatura, entre $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $92\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de conteúdo de sólidos solúveis, variando de $10\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ a $30\text{ }^{\circ}\text{Brix}$, utilizando o modelo primário e secundário de Weibull. Os resultados dessa pesquisa mostraram que o modelo de Weibull apresentou um bom ajuste os dados da cinética de inativação de *B. nivea* e *N. fischeri*. Os valores de δ , que é a redução de um ciclo logarítmico, foram muito próximos em ambos os sucos, exceto para aqueles experimentos realizados a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ com suco de abacaxi contendo 13 e $27\text{ }^{\circ}\text{Brix}$, respectivamente. No entanto, os autores comprovaram que, independentemente do suco, foi possível observar que a concentração de sólidos solúveis afetou os valores δ , com aumento desses valores de acordo com o aumento dos $^{\circ}\text{Brix}$ dos sucos. Assim, os estudos destacaram a contribuição para a

indústria de alimentos, trazendo novos modelos preditivos que descrevem a influência e interações de condições de temperaturas e conteúdo de sólidos solúveis de sucos de frutas na cinética de inativação de FFT.

Em estudo mais recente, Müller et al. (2021), uma comparação do tratamento térmico convencional foi realizada com o aquecimento ôhmico para inativar *Aspergillus fumigatus* em suco de maçã a 75, 80, 85, 90 e 94 °C. Os resultados da pesquisa mostraram diferenças entre os dois processos térmicos, encontrados nas menores temperaturas analisadas (75, 80 e 85 °C). Quando o aquecimento ôhmico foi aplicado, o tempo de processamento foi até 23% menor. Os autores validaram um modelo com sucesso em duas temperaturas distintas (83 e 92 °C) e, segundo os pesquisadores, esse modelo pode ser aplicado para obter o tempo de processamento adequado para a pasteurização do suco de maçã. Ao comparar os dados dessa pesquisa com as apresentadas anteriormente (BERNI et al., 2017; TRANQUILLINI; SCARAMUZZA; BERNI, 2017; SOUZA et al., 2017), o aquecimento ôhmico mostrou ser uma boa alternativa para a inativação de FFT em sucos, e pode ser considerado um processo alternativo à pasteurização convencional, pois pode promover maiores velocidades de aquecimento.

5.1.2 Método de Radiação Ultravioleta do tipo C (UV-C) e/ou combinação com o método de Homogeneização de Ultra Alta Pressão (UHPH)

Com relação as tecnologias consideradas emergentes, a aplicação de radiação UV-C e/ou a combinação com o método de UHPH foram abordadas em dois artigos selecionados para esta revisão. No primeiro, Menezes et al. (2020) avaliaram a influência do tratamento de luz UV-C em suco de maçã, demonstrando eficácia na inativação de *A. fischeri* e *P. niveus*. A UV-C testada, no trabalho, mostrou que as reduções decimais de ambas as cepas aumentaram significativamente, afirmando que é uma aplicação promissora para a prevenção da deterioração de sucos por *A. fischeri* e *P. niveus*, em que a luz UV-C permitiu a redução de 5,7 log₁₀ e 4,2 log₁₀ de ascósporos de *A. fischeri* e *P. niveus*, respectivamente, com uma dose máxima de 36 W/m² em 10 min de exposição. Os autores concluíram que a espécie *A. fischeri* é mais sensível à luz UV-C do que a espécie *P. niveus* e as todas os resultados do estudo são importantes para projetar processos de inativação de FFT em sucos.

Na segunda pesquisa sobre esse tema (realizada no ano anterior ao trabalho de Menezes et al. (2020)), Sacueda-Galvez et al. (2019) utilizaram a luz UV-C, a UHPH e a combinação desses dois métodos para a inativação e/ou germinação de ascósporos de *Talaromyces macrosporus* e *Neosartorya spinosa* em suco de maçã clarificado. Os autores concluíram que os tratamentos com UHPH a 100 e 200 MPa foram ineficazes na inativação de ascósporos de ambos os microrganismos. No entanto, em qualquer uma dessas condições de UHPH, os ascósporos ficaram mais vulneráveis a UV-C e, foi alcançada uma redução máxima de 3,6 log₁₀ e >5 log₁₀ de *T. macrosporus* e *N. spinosa*, respectivamente, após um tratamento combinado com uma dose UV-C de 21,5 J/mL. Os autores afirmaram que a aplicação da UHPH causou pequenas mudanças na estrutura da parede celular dos ascósporos, visualizados por microscopia eletrônica de varredura, o que pode ter deixado as células mais expostas à luz UV-C. Além disso, as características de pigmentação dos ascósporos influenciaram na sensibilidade à luz UV-C, já que a espécie *N. spinosa* foi mais sensível por apresentar uma cor branca clara em contraste com *T. macrosporus*, em que os ascósporos são laranja escuro, concluíram os autores.

5.1.3 Processamento de alta pressão (HPP), processamento térmico de alta pressão (HPTP) e/ou ultrassom de alta potência (HPU)

O método de HPP foi utilizado em dois artigos selecionados para esta revisão. O primeiro, dos autores Buerman; Worobo e Padilla-Zakour (2020), objetivou avaliar a utilização do HPP na inativação de fungos deteriorantes comumente encontrados em suco de maçã e determinar o efeito da *aw* e do pH. Nesse trabalho, os autores estudaram diferentes espécies de bolores e leveduras, no entanto, será apresentado apenas os resultados obtidos para o FFT *Paecilomyces variotii*, que é a forma assexuada e de menor resistência térmica de *Byssochlamys spectabilis*. Já a segunda pesquisa refere-se ao trabalho dos mesmos autores já citados, mas do ano de 2021 (BUERMAN; WOROBO; PADILLA-ZAKOUR, 2021). Nesse último trabalho, os autores avaliaram a pressão e o tempo necessário para causar uma redução dos fungos deteriorantes resistentes ao calor e à pressão, comuns em sucos, e determinaram o efeito da *aw* (0,94-1,0) e do pH (3,5-7,0) na cinética de inativação por HPP.

Diante dos resultados das pesquisas, o fungo *P. variotii* foi relativamente sensível ao HPP nas condições testadas: (450 MPa/1,5 min/pH 4,6); (450 MPa/1,5 min/pH 7,0) e (600 MPa/1,5 min/pH 4,6). Segundo os autores, a inativação completa pareceu ocorrer

quando *P. variotii* foi processado a 600 MPa por 1,5 min em suco de maçã concentrado de pH 7,0 em todas as *aw* e esse efeito também foi observado na condição de 450 MPa por 1,5 min a uma *aw* de 0,98 e 1,0, com pH 4,6 em suco de maçã concentrado e com *aw* de 1,0 com pH 7,0. No entanto, essa pesquisa demonstrou que, as amostras inoculadas com *P. variotii* e mantidas em temperatura ambiente apresentaram recuperação, ou seja, as células injuriadas permaneceram presentes após o processamento. Por outro lado, *P. variotii* mantido sob refrigeração não mostrou capacidade de crescimento.

Ao discutir a pesquisa desenvolvida por Buerman; Worobo e Padilla-Zakour (2021), os autores estudaram a combinação de vários fatores na inativação de três diferentes espécies de FFT. Assim, apenas os resultados obtidos para a espécie *P. niveus* serão apresentados, por ser o mesmo gênero (*Paecilomyces*) descrito na pesquisa anterior. De acordo com os autores, a espécie *P. niveus* foi a mais resistente à pressão e a única redução dessa espécie ocorreu em *aw* de 0,94, pH de 4,6 e 450 MPa por 1,5 min. Além disso, os autores discutiram o uso de sulfito para uma *aw* de 0,94, verificando um aumento da vida útil durante o armazenamento à temperatura ambiente por várias semanas, porém, com uma *aw* 1,0 não ajudou na extensão da vida útil no armazenamento.

Com relação ao método de processamento térmico de alta pressão (HPTP), os autores Timmermans et al. (2020) investigaram se a combinação de alta pressão e calor moderado poderia ser usada como alternativa ao tratamento térmico para inativar ascósporos resistentes ao calor de *T. macrosporus* e *A. fischeri* em um produto de fruta altamente ácido, purê de morango, armazenado subsequentemente em condições ambientais. Os pesquisadores demonstraram que a combinação de calor moderado (máximo 85-90 °C) e alta pressão (500-700 MPa) para tempos de espera de até 13 min inativou os esporos altamente resistentes muito mais rápido do que um tratamento térmico isolado. No entanto, em condições que combinaram alta pressão ≥ 600 MPa com $T_{\text{máx}} \geq 85$ °C por 13 min, os FFT foram inativados com sucesso. Os autores concluíram que uma combinação de calor moderado e pressão pode melhorar drasticamente a eficácia de inativar ascósporos resistentes ao calor em um produto de fruta com alto teor de ácido em comparação com um tratamento térmico, resultando potencialmente em uma melhor qualidade do produto.

Uma outra abordagem é o uso do ultrassom de alta potência (HPU) (frequência de 20 a 100 kHz) que é uma promissora tecnologia não térmica para preservação de alimentos. Esse tema foi abordado por Jambrak et al. (2018), que investigaram o efeito dessa tecnologia na inativação de cinco microrganismos termorresistentes, em sucos

clarificados e néctares de suco concentrado de maçã, mirtilo e *cranberry*. Dentre as espécies estudadas, apenas uma é FFT, que é *Aspergillus ochraceus*, que será discutida nesta revisão. Os autores verificaram que em todas as amostras de sucos de frutas e néctares em termos de tratamento ultrassônico a 60 °C e tempos de 3, 6 e 9 min (independentemente do valor da amplitude), a inativação completa do crescimento de *A. ochraceus* foi alcançada, enquanto a 20 °C e 40 °C não foi observada. O valor de redução de células dos FFT selecionados para tratamentos de ultrassom a 60 °C e a duração dos tempos de 3, 6 e 9 min variou de 3,556 a 5,934 log₁₀. Assim, o número de células vegetativas de *A. ochraceus* foi significativamente reduzido por HPU, tendo a maior redução acima de 5 log₁₀ (UFC/mL), concluem os autores.

6. CONCLUSÕES

- Os métodos de inativação de fungos filamentosos termorresistentes, apresentados nesta revisão integrativa, são de grande importância para a indústria de alimentos, especialmente para a indústria de produtos de frutas, devido a presença desses microrganismos em alimentos como sucos, polpas, néctares, entre outros;
- As principais espécies reportadas pelas pesquisas selecionadas pertenciam aos gêneros *Penicillium*, *Talaromyces*, *Aspergillus* (anteriormente *Neosartorya* para algumas espécies), *Neosartorya*, *Paecilomyces* (anteriormente *Byssochlamys* para algumas espécies) e *Byssochlamys*;
- As buscas pelos métodos de inativação de FFT revelaram diferentes tecnologia e/ou a combinação dessas em produtos de frutas, como o tratamento térmico convencional, o tratamento térmico ôhmico, o processamento de alta pressão, o processamento térmico de alta pressão, a homogeneização de ultra alta pressão, o ultrassom de alta potência e a radiação ultravioleta do tipo C;
- Em algumas pesquisas o uso da microbiologia preditiva foi abordado como uma importante ferramenta para a predição da inativação dos FFT em sucos de frutas, independente do método empregado e das condições intrínsecas dos produtos;
- Conclui-se, com esta revisão integrativa, que os resultados obtidos nas pesquisas são de extrema importância para a indústria de alimentos e o uso de tecnologias emergentes, como as tecnologias não térmicas, está cada vez mais crescente, auxiliando no aumento da vida útil e na melhoria da segurança de alimentos, atendendo, assim, à demanda do consumidor por alimentos seguros e de rótulos limpos.

7. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-URDAPILLETA, L.; VILLEGAS, E. C.; TÉLLEZ-TÉLLEZ, M.; ESTRADA-TORRES, A. Caracterização de cinco espécies de *Pleurotus* cultivadas em quatro meios de cultura. **Mexican Journal of Biotechnology**, v. 1, p. 1-11, 2016.

ALEXANDRE S. M.; IBÁÑEZ H. V.; THOMPSON M. L. Hongos filamentosos contaminantes de superfície de diferentes frutas desidratadas de venta libre en Santiago de Chile. **Rev Chil Infectologia**, v. 13, p. 210-5, 1996.

ALEXANDRE; ANTUNES, F.; FARIA; FONSECA.; J.A.; CARDOSO; FERNANDES.; C. Evaluation of ultraviolet radiation in the sterilization of plastic packaging. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1524-1530, 2008.

ALLENDE, A.; MCEVOY, J.; TAO, Y.; LUO, Y. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. **Food Control**, v. 20, p. 230–234, 2009.

AMADOR-ESPEJO, G. G.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; JUAN, B.; TRUJILLO, A. J. Inactivation of *Bacillus* spores inoculated in milk by ultra high pressure homogenization. **Food Microbiology**, v. 44, p. 204–210, 2014.

AMIT; JAISWAL K. Food Processing Technologies Impact on Product Attributes. **Boca Raton**: CRC press, 2017.

ANEJA, K. R.; DHIMAN, R.; AGGARWAL, N. K.; ANEJA, A. Emerging preservation techniques for controlling spoilage and pathogenic microorganisms in fruit juices. **International Journal of Microbiology**, p. 1-14, 2014.

ANON. Unusual heat resistance mould in apple juice. **Food Ind.**, v. 19, p. 55-56, 1967.

APUD HOCKING, A. D.; PITT, J. I. Food spoilage fungi. II. Heat Resistant Fungi. **CSIRO Division of Food Research**, v. 44, n. 4, p. 73-82, 1984.

ARAGÃO G. M. F. **Identificação e determinação de resistência térmica de fungos filamentosos termo-resistentes isolados de polpa de morango**. 1989. 139p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1989.

BAHÇEÇI, K. S.; ACAR, J. Modeling the combined effects of pH, temperature, and ascorbic acid concentration on the heat resistance of *Alicyclobacillus acidoterrestris*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 120, n. 3, p. 266-273, 2007.

BARBOSA-CANOVAS, G. V.; POTHAKAMURY, U. R.; PALOU, E.; SWANSON, B. G. **Nonthermal preservation of foods**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1998.

BERNI, E.; TRANQUILLINI, R.; SCARAMUZZA, N.; BRUTTIA, A.; BERNINI, V. *Aspergilli* with *Neosartorya*-type ascospores: heat resistance and effect of sugar concentration on growth and spoilage incidence in berry products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 258, p. 81-88, 2017.

BEUCHAT, L. R. Extraordinary heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Aspergillus fischeri* ascospores in fruit products. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 6, p. 1506-1510, 1986.

BEUCHAT, L. R.; PITT, J. I. Detection and enumeration of heat-resistant moulds. In: DOWNES, F.P.; ITO, K. (ed.) **Compendium of the methods for the microbiological examination of foods**. 4th edition. Washington DC: APHA, 2001.

BHAT; R. Impact of ultraviolet radiation treatments on the quality of freshly prepared tomato (*Solanum lycopersicum*) juice. **Food Chemistry**, v. 213, p. 635-640, jun. 2016.

BLACK, E. P.; SETLOW, P.; HOCKING, A. D.; STEWART, C. M.; KELLY, A. L.; HOOVER, D. G. Response of spores to high-pressure processing. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 6, p. 103–119, 2007.

CASTRO, S. M.; SARAIVA, J. A. High-pressure processing of fruits and fruit products. In D. W. Sun (Ed.), **Emerging technologies for food processing**, v. 2, p. 65–76, 2014.

CUNHA, D. E. et al. Análise do comportamento do consumidor na decisão de compra de sucos: um estudo na região sul do Brasil. **Revista Unifamma**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 01-17, 2014.

CONNER, D. E.; BEUCHAT, L. R. Efficacy of media for promoting ascospore formation by *fischeri*, and the influence of age and culture temperature on heat resistance of ascospores. **Food Microbiology**, v. 4, p. 229-238, 1987.

ELIZABETH, C.; BUERMAN, E. C.; WOROBO, R. W.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. High-pressure processing of heat and pressure resistant fungi as affected by pH, water activity, sulfites, and dimethyl dicarbonate in a diluted apple juice concentrate. **Food Control**, v. 120, p. 107-551, 2021.

ELIZABETH, C.; BUERMAN, E. C.; WOROBO, R. W. High pressure processing of spoilage fungi as affected by water activity in a diluted apple juice concentrate. **Food Control**, v. 107, p. 106-779, 2020.

ENGEL, G.; TEUBER, M. Heat resistance of *Byssochlamys nivea* in milk and cream. **International Journal of Food Microbiology**, Oxford, v. 12, n. 2-3, p. 225-234, 1991.

ENIGL, D. C.; KING, J. R., TÖRÖK, T. *Talaromyces trachyspermus*, a heat-resistant mold isolated from fruit juice. **Journal of Food Protection**, v. 56, n. 12, p. 1039-1042, 1993.

ERKMEN, O.; BOZOGLU, T.F. Principals of food spoilage. In: JOHN WILEY; SONS, Ltd (Org.). **Food Microbiol. Princ. into Prat**, p. 458, 2016.

ESTILO, E.E.C.; GABRIEL, A. A. A model for the influences of soluble and insoluble solids, and treated volume on the ultraviolet-C resistance of heat-stressed *Salmonella enterica* in simulated fruit juices. **Food Microbiol.** v. 69, p. 72–81, 2018.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A.N.; LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 911-917, 2012.

FERRARIO, M.; GUERRERO, S. Impact of a combined processing technology involving ultrasound and pulsed light on structural and physiological changes of *Saccharomyces cerevisiae* KE 162 in apple juice. **Food Microbiology**, v. 65, p. 83–94, 2017.

FONSECA, H. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos: conservação pelo calor e pelo frio. In: CAMARGO, R. (Coord.) **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, cap. 5, p. 73-95, 1984.

GIANPIERO, P.; SINIK, M.; CAPITOLI, M. M.; DONSI, G.; FERRARI, G. The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 30, p. 103-111, 2015.

GUERRERO-BELTRAN, J. A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, v. 10, n. 3, p. 137–147, 2004.

HOCKING, A. D.; PITT, J. Spoilage of Processed Foods: Causes and Diagnosis. Australia: **AIFST**, p. 361-381, 2001.

HOUBRAKEN, J.; SAMSON, R. A.; FRISVAD, J. C. *Byssochlamys*: significance of heat resistance and mycotoxin production. **Advances in Food Mycology**, New York, v. 571, n. 3, p. 211-224, 2006.

HUANG, H. W.; SHYU, Y. T.; WU, S. J.; LU, J. K.; SHYU, Y.; WANG, C. Y. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. **Food Control**, v. 72, p. 1–8, 2017.

JAMBRAK, A.R.; ŠIMUNEK, M.; MARKOV, K.; SMOLJNIĆ, G.; FRECE, J. Influence of high power ultrasound on selected moulds, yeasts and *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple, cranberry and blueberry juice and nectar. **International Journal of Food Microbiology**, v. 83, p. 3-17, 2018.

KAVANAGH, J.; LARCHET, N.; STUART, M. Occurrence of heat resistance species of *Aspergillus* in canned strawberries. **Nature**, v. 198, p. 13-22, 1963.

KEYSER, M.; MULLER, I. A.; CILLIERS, F. P.; NEL, W.; PIETER A.; GOUWS, P. A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, n. 3, p. 348–354, 2008.

KIKOKU, Y. Heat activation characteristics of *Talaromyces* Ascospores. **Journal of Food Science and Technology**, v. 68, p. 2331–2335, 2003.

KOOLEN, H. H. F. et al. Talaroxanthone, a Novel Xanthone Dimer from the Endophytic Fungus *Talaromyces* sp. Associated with *Duguetia stelechantha* (Diels) R. E. Fries. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 5, p. 880–883, 2013.

KOTZEKIDOU, P. Heat resistance of *Byssochlamys nivea*, *Byssochlamys fulva* and *Aspergillus fischeri* isolated from canned tomato paste. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 2, p. 410-412/437, 1997.

- KUBÁTOVÁ, A. **Atlas mikroskopických saprotrofních hub (Ascomycota)**, 2006.
- KWOK, K.; NIRANJAN, K. Review: Effect of thermal processing on soymilk. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 30, p. 263-295, 1995.
- LADO, B. H.; YOUSEF, A. E. Alternative food-preservation technologies: Efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, v. 4, n. 4, p. 433–440, 2002.
- LAROUS, L.; HANDEL, N.; ABOOD, J.K.; GHOUL, M. The growth and production of patulin mycotoxin by *Penicillium expansum* on apple fruits and its control by the use of propionic acid and sodium benzoate. **Department of Biology, College of Science, University of Setiff. Setiff, Algeria**, 2007.
- LAZZARI, F. A. Umidade, Fungos e Micotoxinas na Qualidade de Sementes, Grãos e Rações. **Paranaset**. Curitiba, p. 140 1993.
- LAZZARI, F.A. Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. 2a ed. Curitiba: **Ed. Do Autor**, p.148, 1997.
- LINK, J. H. F. **Observationes in ordinibus plantarum naturales**. Dissertatio I". Magazin der Gesellschaft Naturforschenden Freunde Berlin (in Latin), v. 3, p. 42, 1809.
- MAGALHÃES D.B; SILVA J. P. C.; SILVA D. L. D. Influência da Composição do Suco de Laranja na Sobrevivência de Ascosporos de *Aspergillus fischeri* e *Byssochlamys Fulva*, Campinas: **8º SLACA. Anais**. 2009.
- MARTINS, W. F. Predição do crescimento de *Weissella viridescens* sob condições não isotérmicas. 2015, 82 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)** - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- MATSER, A., TIMMERMANS, R., 2016. High-pressure effect on fruits and vegetables. In: Balasubramaniam, V.M., Barbosa-Cánovas, G.V., Lelieveld, H.L.M. (Eds.), High

Pressure Processing of Food. Principles, Technology and Applications. **Food Engineering Series Springer**, New York.

MATTIETTO; R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbú. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007.

MENEZES, N. M. C.; LONGHI, D. A.; ORTIZ, B. O.; JUNIOR, A. F.; ARAGÃO, G. M. F. DE. Modeling the inactivation of *Aspergillus fischeri* and *Paecilomyces niveus* ascospores in apple juice by different ultraviolet light irradiances. **International Journal of Food Microbiology**, v. 333, n. November 2019, p. 108773, 2020.

MESTURINO, L. Disease of banana fruits: evaluation of alternative fungicides. **Revista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, v. 82, p. 517-524, 1988.

MEYER, V. Genetic engineering of filamentous fungi – progress, obstacles and future trends. **Biotechnology Advances**, v. 26, p. 177–185, 2008.

MONYETHABENG, M. M.; KRÜGEL, M. The effect of UV-C treatment on various spoilage microorganisms inoculated into Rooibos iced tea. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 419–424, 2016

MOHIDEEN, F. W.; SOLVAL, K. M.; LI, J.; ZHANG, J.; CHOULJENKO, A.; ARRANEE CHOTIKO, A.; PRUDENTE, A. D.; BANKSTON, J. D.; SATHIVEL, S. Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. **LWT - Food Sci. Technol**, v. 60, p. 563–570, 2015.

MÜLLER, W. A.; PASIN, M. V. A.; SARKIS J. R.; DAMASCENO, L.; MARCZAK, F. Effect of pasteurization on *Aspergillus fumigatus* in apple juice: Analysis of the thermal and electric effects. **Journal of Food Microbiology**, v. 338, p. 108-993, 2021.

GODDARD, M. R.; GODFRAY, H. C. J.; BURT, A. Sex increases the efficacy of natural selection in experimental yeast populations. **Nature**, v. 434, p. 636-640, 2005.

NASCIMENTO, S. Conodontes e a Cronoestratigrafia da Base da Seção Pensilvania, na Região de Itaituba, Porção Sul da Bacia do Amazonas, Brasil, p. 246, Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NIELSEN, P. V. Preservative and temperature effect on growth of three varieties of the heat resistant mold, *Aspergillus fischeri*, as measured by an impedimetric method. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 6, p. 1735, 1991.

O'BRIEN, W. D. Ultrasound-biophysics mechanisms, Prog. Biophys. **Journal of Molecular Biology**, v. 93, p. 212–255, 2007.

OLLIVER; M.; RENDLE, T.; et al. A new problem in fruit preservation. Studies on *Byssoschlamys fulva* and its effect on the tissues of processed fruit. **Journal of Society Chem. Ind.**, v. 53, p. 166, 1934.

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT: Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 686-693, 2009.

PELCZAR, M. J.; REID, R.; CHAN, E. C. S. Microbiologia: conceitos e aplicações. São Paulo: **Mc Graw-Hill**, v. 1, p. 524, 1996.

PELCZAR, M.J.; REID, R; CHAN, E.C.S. Microbiologia conceitos e aplicações. São Paulo: **Mc Graw-Hill**, v. 2, p. 1072, 1981.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and Food Spoilage**, Springer, v. 519, 2009.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and Food Spoilage**. Sydney: Academic Press, p. 413, 1985

QUINTAVALLA, S.; SPOTTI, E. Heat resistance of *Talaromyces flavus*, *Aspergillus fischeri* and *Byssochlamys nivea* isolated from fresh fruits. **Microbiologie. Aliments. Nutrition**, v. 11, p. 335-341, 1993.

RAJAURIA, G.; TIWARI, B. K. Fruits juices: Extraction, composition, quality and analysis. **First ed.** 2018.

ROIG-SAGUÉS; A. X.; ASTO, E.; ENGERS, I.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M. Improving the efficiency of ultra-high pressure homogenization treatments to inactivate spores of *Alicyclobacillus* spp. in orange juice controlling the inlet temperature. **LWT – Food Science and Technology**, v. 63, p. 866–871, 2015.

ROSENTHAL, A.; GUERRA FILHO, D.; XAVIER, A.; DUARTE, S. Fungos filamentosos termorresistentes em linha de suco de abacaxi envasado assepticamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, p. 18, 2004, Porto Alegre. **Resumos**, Porto Alegre: SBCTA, p. 28, 2002.

SALOMÃO, B. C. M. **Isolamento, identificação e estudo da resistência térmica de fungos filamentosos termoresistentes em produtos de frutas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 99, 2002.

SALOMÃO, B. C. M.; SLONGO, A. P.; ARAGÃO, G. M. F. Heat resistance of *Aspergillus fischeri* in various juices. **LWT – Journal of Food Science & Technology**, v. 40, n. 4, p. 676–680, 2007.

SANT'ANA, A. S.; ROSENTHAL, A.; MASSAGUER, P. R. Heat resistance and the effects of continuous pasteurization on the inactivation of *Byssochlamys fulva* ascospores in clarified apple juice. **Journal of Applied Microbiology**, v. 107, p. 197–209, 2009.

SAUCEDA-GÁLVEZ, J. N.; ROCA-COUSO, R.; MARTINEZ-GARCIA, M.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M. Inactivation of ascospores of *Talaromyces macrosporus* and *Neosartorya spinosa* by UV-C, UHPH and their combination in clarified apple juice., **International Journal of Food Microbiology** v. 98, p. 120–125, 2019.

SUÁREZ-JACOBO, Á.; GERVILLA, R.; GUAMIS, B.; SALDO, J. Effect of UHPH on indigenous microbiota of apple juice. A preliminary study of microbial shelf-life. **International Journal of Food Microbiology**, v. 136, p. 261–267, 2010.

SLONGO, A. P.; ARAGÃO, G. M. F. Factors affecting the thermal activation of *Neosartorya fischeri* in pineapple and papaya nectars. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 312-316, 2006.

SNYDER, A. B.; WOROBO, R. W. The incidence and impact of microbial spoilage in the production of fruit and vegetable juices as reported by juice manufacturers. **Food Control**, v. 85, p. 144–150, 2018.

SNYDER, A. B.; WOROBO, R. W. Fungal spoilage in food processing. **Journal of Food Protection**, v. 81, n. 6, p. 1035-1040, 2018.

SOUSA P. H. M.; MAIA G. A.; AZEREDO, H. M. C.; RAMOS, A. M.; FIGUEREDO, R. W. Storage stability of a tropical fruit (cashew apple, acerola, papaya, guava and passion fruit) mixed nectar added caffeine. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 10, p. 2162–2166, 2010.

SOUZA, P. B. A.; POLTRONIERI, K.F.; ALVARENGA, V. O.; GRANATO, D.; RODRIGUEZ, A. D.; SANT'ANA, A. S.; PENÃ, W. E. Modeling of *Byssoschamys nivea* and *Neosartorya fischeri* inactivation in papaya and pineapple juices as a function of temperature and soluble solids contents. **Food Science and Technology**, v. 82, p. 82-85, 2017.

SPLITTSTOESSER, D. F.; NIELSEN, P. V.; CHUREY, J. J. Detection of viable ascospores of *Aspergillus fischeri*. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 56, p. 599-603, 1993.

SPOTTI, E.; QUINTARALLA, S.; MUTTI, P. Contaminazione da spore fungine termoresistenti di frutta, pomodoro e loro derivati. **Industria Conserve**, v. 67, p. 421-425, 1992.

SURESH, E.R.; ETHIRAJ, S.; JAYARAM, H Heat resistance of *Aspergillus fischeri* isolated from grapes. **Journal of Food Science Technology**, v. 33, n. 1, p. 76-77, 1996.

TIMMERMANS, R.; HAYRAPETYANA, H.; VOLLEBREGT, M.; DIJKSTERHUIS. Comparing thermal inactivation to a combined process of moderate heat and high pressure: Effect on ascospores in strawberry puree. **International Journal of Food Microbiology**, v. 325, p. 108-629, 2020.

TIWARI, B. K.; O'DONNELL, C. P.; PATRAS, A.; BRUNTON, N.; CULLEN, P. J. Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. **Eur. Food Res. Technol**, v. 228, p. 717–724, 2009.

TOLENTINO, V. R.; GOMES, A. Processamento de Vegetais: frutas/polpa congelada. Niterói, **Programa Rio Rural**, 2008.

TOURNAS, V. H.; HEERES, J.; BURGESS, L. Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. **Food Microbiology**, v. 23, n. 7, p. 684–688, 2006.

TOURNAS, V. Heat-resistant fungi of importance to the food and beverage industry. **Critical Reviews in Microbiology**, London, v. 20, n. 4, p. 243-263, 1994.

TOURNAS, V.; TRAXLER, R. W. Heat resistance of *Aspergillus fischeri* strain isolated from pineapple juice frozen concentrate. **Journal of Food Protection.**, Des Moines, v. 57, n. 9, p. 814-816, 1994.

TRABULSI, L. R **Microbiologia. São Paulo**: Ed. Atheneu, 1991.

TRANQUILLINI, R. et al. Occurrence and ecological distribution of Heat Resistant Moulds Spores (HRMS) in raw materials used by food industry and thermal characterization of two *Talaromyces* isolates. **International Journal of Food Microbiology**, v. 242, p. 116-123, 2017.

TRAXLER, R. W. Heat resistance of an *Aspergillus fischeri* strain isolated from pineapple juice frozen concentrate. **Journal of Food Protection**, v. 57, n. 9, p. 814-816, 1994.

TREMARIN, A.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Inactivation kinetics of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice submitted to ultraviolet radiation. **Food Control**, v. 73, p. 18–23, 2017.

UGWUANYI, J. O.; OBETA, J. A. N. Incidence of heat resistant fungi in Nsukka, Southern Nigeria. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 13, p. 157-164, 1991.

VAN DER SPUY, J. E.; MATTHEE, F. N. The heat resistance of moulds *Penicillium vermiculatum* dangeard and *Penicillium brefeldianum* dodge in apple juice. **Phytophylactica**, v. 7, p. 105-108, 1975.

VELÁZQUEZ-ESTRADA, R. M.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; GUAMIS-LÓPEZ, B.; ROIG-SAGUÉS, A. X. Impact of ultra high pressure homogenization on pectin methylesterase activity and microbial characteristics of orange juice: A comparative study Against conventional heat pasteurization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 13, p. 100–106, 2012.