



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Ramana Heringer Fernando Amaral

**MÉTODOS DE SECAGEM E SEU PAPEL NA REDUÇÃO DAS PERDAS E
DESPERDÍCIOS EM ALIMENTOS – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Buri

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Ramana Heringer Fernando Amaral

**MÉTODOS DE SECAGEM E SEU PAPEL NA REDUÇÃO DAS PERDAS E
DESPERDÍCIOS EM ALIMENTOS – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos
na Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dr. Ângelo Luiz Fazani
Cavaliere.

Buri

2023

Amaral, Ramana Heringer Fernando

Métodos de secagem e seu papel na redução das perdas e desperdícios em alimentos: Uma revisão bibliográfica / Ramana Heringer Fernando Amaral -- 2023. 47f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Professor Dr. Ângelo Luiz Fazani Cavalieri

Banca Examinadora: Professor Dr. Fábio Grigoletto, Professor Dr. Gustavo das Graças Pereira

Bibliografia

1. Engenharia de Alimentos. 2. Secagem em Alimentos. 3. Redução das Perdas e Desperdícios em Alimentos. I. Amaral, Ramana Heringer Fernando. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAMANA HERINGER FERNANDO AMARAL

MÉTODOS DE SECAGEM E SEU PAPEL NA REDUÇÃO DAS PERDAS E DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos. Buri, 27 de março de 2023.

Orientador



Documento assinado digitalmente
ANGELO LUIZ FAZANI CAVALLIERI
Data: 04/04/2023 18:10:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ângelo Luiz Fazani Cavallieri

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Centro de Ciências da Natureza - CCN *Campus* Lagoa do Sino

Examinador



Documento assinado digitalmente
FABIO GRIGOLETTO
Data: 05/04/2023 08:15:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Grigoletto

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Centro de Ciências da Natureza - CCN *Campus* Lagoa do Sino

Examinador



Documento assinado digitalmente
GUSTAVO DAS GRACAS PEREIRA
Data: 05/04/2023 08:48:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Centro de Ciências da Natureza - CCN *Campus* Lagoa do Sino

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana Lúcia Heringer Fernando Amaral e Haroldo Fernando Amaral, e ao meu companheiro, Ibrahim Nehemy, por me apoiarem e acreditarem em mim e nos meus sonhos.

Agradeço aos meus amigos, que mesmo em tempos difíceis me fizeram sorrir.

Agradeço ao Professor Dr. Ângelo Luiz Fazani Cavalieri, que desde o início esteve presente, e me inspira a sempre ser a minha melhor versão. Agradeço ao Professor Dr. Fábio Grigoletto e ao Professor Dr. Gustavo das Graças Pereira, por me ensinarem parte do meu ofício, e por contribuírem com o meu trabalho neste momento tão importante de finalização de curso.

Por fim, dedico este trabalho aos meus filhos de quatro patas, Blue, Estrela e Negão. Eu amo vocês.

“We're all part of one universe that moves
ever upward and onward to a greater glory”

Stan Lee

RESUMO

AMARAL, Ramana Heringer Fernando. Título: Métodos de Secagem e seu papel na Redução das Perdas e Desperdícios em Alimentos – Uma Revisão Bibliográfica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2023.

A secagem é um dos processos mais importantes de conservação de alimentos, e origina produtos estáveis ao armazenamento, desde que se utilizem embalagens adequadas. Atualmente as técnicas menos convencionais de secagem apresentam maior destaque por sua eficiência em termos de energia e preservação de parte dos recursos naturais, quando comparado aos métodos mais tradicionais, gerando impacto positivo na sustentabilidade. Com o aumento da população mundial e o atual cenário pós-pandemia de COVID-19, a manutenção dos sistemas alimentares e aumento da oferta de alimentos mostram-se um desafio para os líderes mundiais, principalmente os de países em desenvolvimento. Práticas agrícolas sustentáveis são mais eficientes em termos de recursos tecnológicos que ajudam os produtores a se adaptarem às mudanças e sustentarem seus meios de subsistência. Assim, a utilização da secagem como abordagem de conservação está diretamente ligada à diminuição das perdas e desperdícios de alimentos, endossando a vantagem de se aplicar métodos integrados, os quais apresentam diversas vantagens não só quanto à economia de energia e recursos, mas principalmente em relação às características sensoriais e nutricionais dos produtos. O presente trabalho relacionou os aspectos fundamentais da tecnologia de secagem de alimentos com a importância da manutenção dos sistemas alimentares e da redução das perdas e desperdício de alimentos, através da aplicação adequada do método de conservação.

Palavras-chave: Secagem em Alimentos. Conservação de alimentos. Métodos não Convencionais de Secagem. Sustentabilidade. COVID-19. População Mundial. Sistemas Alimentares. Perdas e Desperdício de Alimentos. Tecnologia de Alimentos.

ABSTRACT

AMARAL, Ramana Heringer Fernando. Title: Drying Methods and Their Role in Reducing Food Loss and Waste – A Review. 2023. Final paper – Federal University of São Carlos, Lagoa do Sino campus, Buri, 2023

Drying is one of the most important processes of food preservation, and generates storage-stable products, as long as suitable packaging is used. Currently, less conventional drying techniques are more prominent for their efficiency in terms of energy and preservation of natural resources, when compared to more traditional methods, generating a positive impact on sustainability. With the increase of the world population and the current post-pandemic scenario of COVID-19, maintaining food systems and increasing food supply is a challenge for world leaders, especially those in developing countries. Sustainable agricultural practices show greater efficiency in terms of technological resources to help producers to adapt to changes and sustain their livelihoods. Therefore, the use of drying as a conservation approach is directly linked to the reduction of food losses and waste, endorsing the advantage of applying integrated methods, which have several advantages not only in terms of saving energy and resources, but mainly in relation to the sensorial and nutritional characteristics of the products. The present work shows the fundamental aspects of food drying technology relating to the importance of maintaining food systems and reducing losses and food waste, through the proper application of the conservation method.

Keywords: Food drying. Food preservation. Unconventional Drying Methods. Sustainability. COVID-19. World population. Food Systems. Food Losses and Waste. Food Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Secador de cabine ou de bandejas.....	21
Figura 2 – Secadores de túnel: a) concorrente ou paralelo; b) contracorrente; c) de saída de ar central; d) de fluxo transversal.....	22
Figura 3 – Esquema básico de funcionamento do <i>spray-dryer</i>	23
Figura 4– Secador de tambor: a) tambor único; b) tambor duplo.....	24
Figura 5 - Esquematização de um liofilizador	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros intrínsecos e extrínsecos que afetam a multiplicação microbiana.....	15
Tabela 2 – Relação dos autores, tema dos estudos e principais métodos abordados nas publicações recuperadas através das buscas nas bases de dados <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i>	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aw Atividade de Água

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU Organização das Nações Unidas

PDA Perdas e Desperdício de Alimentos

PENSSAN Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1. Definições.....	16
3.2. Secagem em alimentos	20
3.2.1. Métodos de secagem em alimentos	20
3.2.1.1. Secagem natural	20
3.2.1.2. Desidratação	21
3.2.1.3. Tipos de desidratadores.....	22
3.2.1.4. Métodos não convencionais de desidratação	27
3.3. Aplicação dos métodos de conservação e a redução de perdas e desperdícios em alimentos.....	29
3.4. Sistemas alimentares e o cenário mundial pós COVID-19	30
3.5. Perdas e desperdício de alimentos	32
3.6. Medidas preventivas contra a perda e desperdício em alimentos	33
3.7. A importância da secagem na redução das perdas e desperdícios de alimentos.....	34
4. CONCLUSÃO	39
5. REFERENCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A alimentação é considerada uma das atividades humanas mais importantes por envolver, além dos aspectos biológicos, questões econômicas, sociais, científicas, políticas, psicológicas e culturais fundamentais na dinâmica da evolução da sociedade (PROENÇA, 2010). Com o aumento expressivo da população global, a crescente ocorrência de perdas de alimentos é uma questão preocupante, que desperta atenção e demanda ações da cadeia processadora de alimentos (SALAS, 2017).

Em 2011, um estudo conduzido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura estimou que, a cada ano, aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são perdidos ou desperdiçados (FAO, 2011). Em 2019, uma nova pesquisa realizada pela FAO avaliou que, anualmente, 14% das perdas de alimentos de origem vegetal ocorrem na etapa de pós-colheita e pré-processamento (FAO, 2019), enquanto 17% dos alimentos disponíveis aos consumidores são desperdiçados (ONU, 2021). Assim, suprir de forma sustentável as futuras demandas por alimentos provavelmente exigirá tanto o aumento na produção de alimentos, como a aplicação de tecnologia adequada para conservação e processamento dos mesmos, implicando na redução da quantidade de alimentos perdidos e desperdiçados (FAO, 2019; SCHMITZ *et al.*; 2015 *apud* MILJKOVIC; WINTER-NELSON, 2021).

Por esse motivo, o desperdício de alimentos recebeu destaque nas agendas governamentais nos últimos anos (ÖZBÜK; COSKUN, 2020). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) destaca a necessidade de práticas de produção e consumo sustentáveis, e coloca como meta o objetivo 12, relacionado ao consumo e produção responsáveis. Isso inclui o objetivo específico 12.3, de reduzir pela metade o desperdício de alimentos no nível de varejo e consumidor, e de diminuir as perdas de alimentos ao longo da cadeia de produção e fornecimento (UN, 2015; LUDWIG-OH; DIRKSMEYER; KLOCKGETHER, 2019)

A presença de microorganismos em alimentos é importante para entendermos a causa deste alto volume de perdas e desperdícios, uma vez que estes atuam diretamente na qualidade organoléptica do produto, alterando seu aspecto visual, textura, sabor e aroma, podendo ocasionar a deterioração do alimento. Já a presença de

microorganismos patógenos, além de modificar os atributos sensoriais, também afeta a inocuidade do alimento, tornando-o impróprio para consumo (SALAS *et al.*; 2017).

Nos alimentos de origem vegetal, como frutas e hortaliças, as transformações bioquímicas estão relacionadas às alterações organolépticas que ocorrem nos vegetais, como por exemplo, o amadurecimento e senescência das frutas e hortaliças. Tal fator é atribuído à energia proveniente da atividade respiratória, e está diretamente associado aos índices de perdas de alimentos na etapa de pós-colheita e pré-processamento (SENAI, 2016). Desta forma, a conservação de alimentos é uma das tecnologias mais importantes para a indústria processadora, uma vez que a aplicação de tais métodos auxilia na redução da perda e desperdício de alimentos, e garante a segurança do alimento, prevenindo diversas ameaças à saúde dos consumidores (SZYMKOWIAK *et al.*; 2020).

A quantidade de água disponível em um determinado sistema, denominada de Atividade de Água (A_w), é essencial para o desenvolvimento dos agentes microbianos responsáveis pela alteração e deterioração em alimentos, além de ser um catalisador para reações químicas e enzimáticas (RIBEIRO; SERAVALLI, 2017). O processo de secagem dos alimentos é um dos métodos mais antigos de conservação, utilizado para reduzir a disponibilidade de água no produto através da remoção da porção livre do componente, retardando ou até mesmo impedindo o desenvolvimento da taxa de crescimento microbiano (RAHMAN; PERERA, 2007). A secagem, também conhecida como desidratação, consiste na aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maior parte da água disponível em um alimento (OPAS, 2019).

Para o processo de secagem podemos utilizar o método de secagem natural ou artificial. A secagem natural consiste em expor a matéria prima por um determinado período à radiação solar e sob condições climáticas de temperatura relativamente alta, vento com intensidade moderada e baixa umidade relativa. A secagem artificial é um processo de remoção de umidade, que implica no uso de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003).

Desta forma, o presente trabalho baseia-se em uma revisão bibliográfica sobre os métodos mais usuais de secagem e buscou integrar as perspectivas de crescimento

populacional e a redução da oferta de alimentos ocasionada por possíveis perdas e desperdícios, com a importância da tecnologia de secagem como método de conservação.

2. OBJETIVOS

2.1.Geral

O objetivo da presente revisão bibliográfica é abordar os principais métodos de secagem utilizados em processos de conservação de alimentos, a fim de associar sua utilização com a redução das perdas e desperdícios de alimentos.

2.2.Específicos

- Apresentar uma revisão bibliográfica sobre os principais métodos de secagem empregados na indústria de alimentos, sob uma perspectiva de definir e contextualizar conceitos básicos relacionados à tecnologia de secagem;
- Compreender o impacto social atual causado pelas perdas e desperdícios de alimentos;
- Discutir sobre a importância da secagem como método de conservação para redução dos índices de perdas e desperdícios de alimentos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1.Definições

Os alimentos são considerados matrizes complexas que apresentam condições suficientes para favorecer o desenvolvimento dos agentes microbianos (OPAS, 2019; SALAS, 2017). Quimicamente, são compostos principalmente por água, lipídios, carboidratos, proteínas, minerais e demais compostos orgânicos (RAHMAN; PERERA, 2007; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). Tais fatores estão relacionados ao valor nutritivo dos alimentos, e são essenciais para proporcionar estrutura, textura, sabor e aroma aos produtos de matriz alimentar (POTTER; HOTCHKISS, 1995; RAHMAN; PERERA, 2007).

Dentre os elementos presentes em um alimento, destaca-se a água, componente essencial para manutenção da vida, que desempenha funções como, por exemplo, transportador de nutrientes e produtos de degradação, reagente e meio de reações químicas e biológicas, estabilizador da conformação de polímeros formados por biomoléculas, facilitador do comportamento dinâmico de macro-moléculas, entre outros (RIBEIRO; SERAVALLI, 2017).

Os processos de conservação de alimentos são baseados na eliminação total ou parcial dos agentes que causam alterações nos produtos de matriz alimentar, de modo que o alimento não se torne propício ao desenvolvimento microbiano (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; OPAS, 2019). São vários os fatores que podem inibir ou favorecer a multiplicação microbiana em alimentos, sendo que esses parâmetros são divididos em dois grupos: Fatores intrínsecos e fatores extrínsecos (OPAS, 2019). Tais fatores são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros intrínsecos e extrínsecos que afetam a multiplicação microbiana

PARÂMETROS INTRÍNSECOS	PARÂMETROS EXTRÍNSECOS
Atividade de água	Temperatura
Disponibilidade de oxigênio	Umidade relativa
pH / Acidez	Composição atmosférica
Disponibilidade de nutrientes	Embalagem
Fatores antimicrobianos naturais	
Presença e características de microbiota natural	

Fonte: Adaptado de OPAS (2019).

Os fatores que afetam o desenvolvimento microbiano são essenciais para selecionar os métodos de conservação mais adequados para aplicação nos diversos tipos de alimentos (VASCONCELOS; MELO, 2010; OPAS, 2019). A conservação por resfriamento, congelamento, secagem, cura, embalagens a vácuo, embalagens com atmosfera modificada, acidificação, fermentação e adição de conservantes são caracterizados pela capacidade de prevenir ou inibir o desenvolvimento microbiano. Já a pasteurização e esterilização comercial são exemplos de métodos caracterizados pela

redução da carga microbiana a níveis seguros, considerando as condições de estocagem (OPAS, 2019; SZYMKOWIAK *et al.*; 2020).

A deterioração de alimentos por microrganismos pode acontecer mais rapidamente, enquanto reações enzimáticas e químicas podem ocorrer de modo mais lento durante a armazenagem. Em ambos os casos, o teor de água é o fator individual mais importante no controle da taxa de deterioração. O teor de umidade nos alimentos pode ser expresso através das equações 1, 2 e 3 (FELLOWS, 2006).

Base úmida

$$m = \frac{\text{massa de água}}{\text{massa de amostra}} * 100 \quad (1)$$

Ou em uma base seca

$$m = \frac{\text{massa de água}}{\text{massa de sólidos}} * 100 \quad (2)$$

A base seca é mais utilizada nos cálculos de processamento, ao passo que a base úmida é frequentemente relacionada em tabelas de composição de alimentos, porém apenas o conhecimento do teor de umidade não é suficiente para estimar a estabilidade de um alimento (FELLOWS, 2006).

A disponibilidade de água presente nos alimentos é importante e depende não só da sua quantidade, mas da forma em que se encontra ligada aos componentes do produto (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). Em materiais biológicos a água existe sob duas formas: água livre e água combinada, sendo a água total a soma dessas duas parcelas. (PARK; NOGUEIRA, 1992). A parcela da água que está “ligada” aos componentes como carboidratos e lipídios, necessita de maiores quantidades de energia quando comparado aos níveis de energia requeridos para a evaporação de água que se encontra livre. Quanto à água combinada, uma de suas propriedades mais importantes é que ela não é congelável. Outras propriedades são sua baixa pressão de vapor, alta energia de ligação, reduzida mobilidade molecular e propriedades dielétricas diferentes das da água livre (DITCHFIELD, 2000). Por estar fortemente ligada ao substrato, a água combinada não está disponível para ser utilizada como solvente de reações químicas, microbiológicas ou enzimáticas no alimento (KOHMANN, 2013).

Já a água livre presente no alimento é a água que apresenta as mesmas propriedades da água pura, está disponível para o crescimento de microorganismos e reações de ordem química e enzimática, mas não flui livremente do alimento quando o mesmo é cortado (RIBEIRO; SARAVALLI, 2004). Encontra-se fracamente ligada ao substrato, e pode ser removida por secagem, por congelamento ou indisponibilizada pela adição de eletrólitos como o NaCl ou não-eletrólitos, como a sacarose (DITCHFIELD, 2000).

Uma propriedade fundamental relacionada à qualidade do alimento é a atividade de água (A_w). A atividade de água expressa o conteúdo de água livre e é definida pela razão entre a pressão parcial de vapor de água em um alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (P_o), à mesma temperatura (FERREIRA NETO *et al.*, 2005; MUJUNDAR, 2006; NICOLAU, 2014). Assim, temos a equação 4:

$$Aa = \frac{P}{Po} \quad (4)$$

Através da equação concluí-se que a água presente nos alimentos exerce uma pressão de vapor que depende tanto da quantidade quanto da concentração de solutos na água, e de sua temperatura. Assim, a A_w varia de zero a um (0 a 1), sendo que zero corresponde a ausência de água livre, e um refere-se à água pura (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; NICOLAU, 2014).

As bactérias, de modo geral, tendem a ter maior preferência a alimentos que possuem A_w mais elevadas, do que leveduras e bolores, por exemplo. Essa característica é importante quando se trata de bactérias patogênicas e deteriorantes, pois influencia diretamente na segurança alimentar e segurança do alimento. Alimentos com maiores índices de A_w são mais perecíveis e apresentam risco de multiplicação de bactérias patogênicas (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; NICOLAU, 2014).

Desta forma, é possível através da determinação da atividade de água estabelecer sua relação com as velocidades de crescimento microbiano e outras reações de deterioração, sendo assim um importante indicador quanto à estabilidade de um produto e sua segurança microbiológica (RIBEIRO; SARAVALLI, 2004).

3.2.Secagem em alimentos

A secagem, ou desidratação, um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos é definido como “a aplicação do calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maior parte da água presente em um alimento”, ou no caso da liofilização, por sublimação (FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). O desenvolvimento da secagem na indústria de alimentos se deu com a demanda de produtos de mais fácil transporte e armazenamento, com menor volume e peso e maior tempo de conservação para a alimentação de soldados em períodos de guerras (IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 2002).

Por definição, a secagem é um processo combinado de transferência de calor e massa, que tem como principal objetivo a redução de sua atividade de água, inibindo o crescimento microbiano e a atividade enzimática. (FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). O processo de secagem apresenta como vantagem o aumento da vida útil do produto, a facilidade no processo de transporte e comercialização - devido ao fato de o alimento seco ser um produto leve e compacto, a economia de processo, uma vez que os secadores semi-industriais possuem baixo custo e não necessitam de mão de obra especializada, além de reduzir as perdas e desperdícios de alimentos (CELESTINO, 2010).

Como exemplo de alimentos desidratados de importância comercial, temos o café, leite em pó, passas de frutas, massas, farinhas (como misturas para panificação), cereais, chás, nozes, charque, pescados, e vários outros ingredientes (FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). Os diversos processos de secagem dos produtos de origem vegetal e animal podem ser classificados em dois grupos: secagem natural ou ao sol, e secagem artificial ou desidratação (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

3.2.1. Métodos de secagem em alimentos

3.2.1.1.Secagem natural

A secagem natural consiste na exposição do alimento ao sol. É o processo mais simples e de baixo custo de produção, indicado para regiões de clima seco, com boa irradiação solar e escassas precipitações pluviométricas (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003). Possui a desvantagem de ser realizado sem nenhum controle de temperatura, umidade relativa e fluxo de ar. É um processo lento e de resultados nem

sempre desejados, já que depende totalmente das condições climáticas da região (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; VASCONCELOS; MELO, 2010).

O local de secagem, de preferência, deve ser cercado e longe de vias de acesso, para que se evite a contaminação do alimento por poeiras e outras sujidades. Tomando como exemplo a secagem de frutas, para um melhor resultado, é indicado que o processo seja dividido em duas fases: a primeira de exposição ao sol, para perda de 50 a 70% de umidade, e a segunda à sombra, para minimizar perdas de sabor e aromas naturais. Na segunda fase do processo faz-se uso de ventiladores para garantir uma melhor movimentação do ar (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

O tempo necessário para a secagem depende da maior ou menor porcentagem de água disponível presente na matéria-prima e da irradiação solar do ambiente, podendo se estender de 2 a 12 dias. Como exceção ao processo tem-se as hortaliças, cuja secagem pode ser realizada em algumas horas. Em frutas frescas, onde a porcentagem de água é próxima dos 90%, após o processo de secagem apresentam umidade em torno de 20 a 25% (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Esta técnica é uma das principais formas de conservação das frutas, e as condições de temperatura, umidade relativa e de corrente de ar durante a secagem, devem ser acompanhadas com rigor para a maior qualidade do produto final. Os vegetais desidratados são comumente divididos em dois grupos: vegetais secos e frutas secas. Os vegetais secos são as sementes, como: amêndoas, castanha do Pará, macadâmia, nozes, etc. Como exemplo de frutas secas, podemos citar: damasco, uva, banana, ameixa, figo, tâmaras, entre outras. Estas frutas e frutos se destacam pela sua fácil obtenção, por serem menos suscetíveis aos microrganismos, possuem custo de transporte reduzido quando comparadas com as frutas naturais, e apresentarem características sensoriais apropriadas ao consumo (FEIDEN; FEIDEN; GALVANI; CAMPOLIN, 2015).

3.2.1.2.Desidratação

Desidratação é a secagem pelo calor produzida artificialmente em condições de temperatura, umidade relativa, e correntes de ar controlados (ORDÓÑES, 2004). Quando um alimento sólido úmido é submetido à secagem convectiva, dois processos ocorrem simultaneamente, a transferência de calor e a de massa. A transferência de

calor ocorre a partir do ambiente para evaporar a umidade do sólido, e é dependente das condições já mencionadas anteriormente, além da forma física do sólido e pressão. Para se evaporar a água de um material úmido, deve haver o aquecimento até a temperatura na qual a pressão de vapor da água exceda a pressão parcial da umidade no ar em contato com o material. Já a transferência de massa ocorre do interior para a superfície do material, e da superfície para o ambiente de secagem (MUJUMDAR, 2006).

Assim, como métodos principais de desidratação, temos a desidratação com ar quente (adiabático), quando o alimento entra em contato com uma corrente de ar quente e o calor é transmitido por convecção; desidratação por contato direto com uma superfície sólida, transmitindo o calor ao alimento por condução; desidratação por aporte de energia radiante, com predominância da radiação como transmissão de calor; desidratação por energia eletromagnética, microondas e aquecimento dielétrico; por liofilização, no qual a água é congelada inicialmente e, em seguida, sublimada (em baixa pressão), utilizando-se qualquer dos mecanismos de aquecimento mencionados anteriormente (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006).

O ar é o meio de secagem mais utilizado devido sua abundância, conveniência e porque seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas. O ar conduz calor ao alimento, provocando evaporação da água, sendo veículo no transporte de vapor úmido liberado do alimento. A quantidade de ar necessário para evaporar uma certa massa de água dependerá da sua temperatura, enquanto a velocidade de evaporação da água de um alimento, e a velocidade do ar, depende da sua área superficial e porosidade, numa razão diretamente proporcional (ORDÓÑES, 2004; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; VASCONCELOS; MELO, 2010).

3.2.1.3. Tipos de desidratadores

O tipo de desidratador selecionado vai depender da natureza da matéria-prima, das características desejadas, pelo fator econômico e pelas condições de operação. De modo geral, podem-se dividir os secadores mais utilizados em duas classes: Os secadores adiabáticos e os secadores por contato (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; VASCONCELOS; MELO, 2010).

Nos secadores adiabáticos o calor é conduzido por meio de ar quente, sendo eles os secadores de cabine ou bandeja, secador tipo túnel, secador por aspersão ou

atomização, e secador de leito fluidizado (FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

O secador de cabine ilustrado na figura 1, é constituído por uma câmara que recebe as bandejas com a matéria-prima a secar, sendo muito utilizado para frutas e hortaliças. O ar, impulsionado por um ventilador, que é aquecido através de um sistema de aquecimento, como uma resistência elétrica, por exemplo, entra na câmara e passa pelo material a ser seco, reduzindo a atividade de água do produto (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

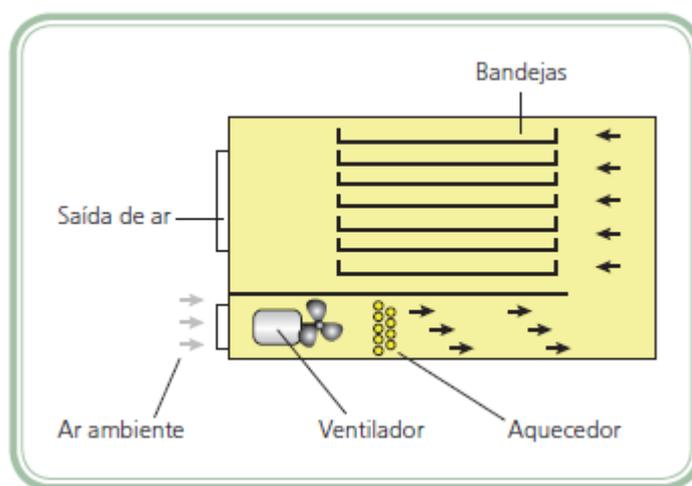


Figura 1– Secador de cabine ou de bandejas (VASCONCELOS; MELO, 2010).

Para o trabalho de secagem, os alimentos são dispostos em bandejas, e as câmaras são preenchidas com estas, até que o equipamento ocupe sua capacidade total, e quando a temperatura desejada é atingida, inicia-se o movimento do ar quente. Para controle da temperatura, é remendado o aquecimento gradual, para que a matéria-prima não endureça extremamente, tornando-a quebradiça. A temperatura ideal varia entre 50 e 70°C. Ao final da secagem, é aconselhável manter os alimentos em estufas, com temperatura entre 15°C e 20°C, por 6 horas, para aprimoramento das características sensoriais do produto (ORDÓÑES, 2004; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; CELESTINO, 2010).

Secadores tipo túnel, como ilustrado na figura 2, consistem em um sistema formado por uma câmara, onde o produto se movimenta no mesmo sentido de deslocamento do ar quente (corrente paralela ou concorrente), ou em seu sentido

contrário (contra corrente). Nele, a corrente de ar pode ser natural ou forçada (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

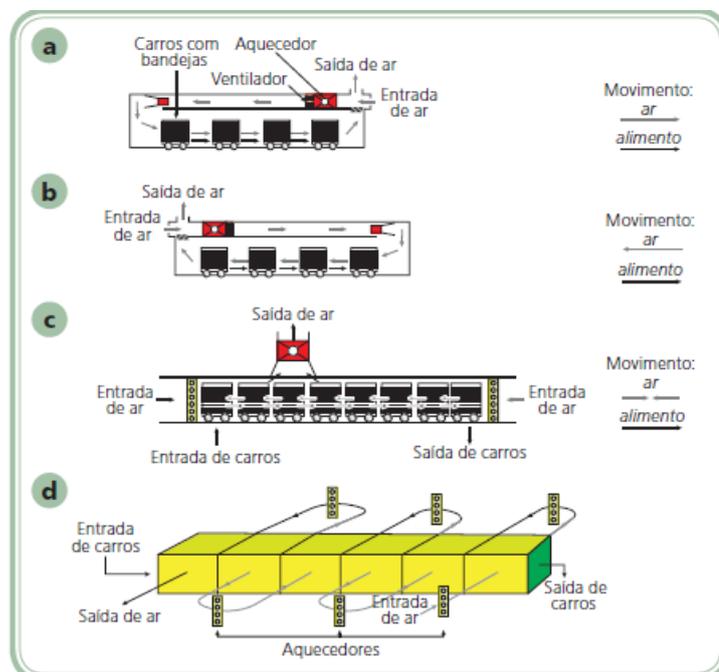


Figura 2 – Secadores de túnel: a) concorrente ou paralelo; b) contracorrente; c) de saída de ar central; d) de fluxo transversal (VASCONCELOS; MELO, 2010).

A movimentação do ar em fluxo paralelo apresenta vantagem de que o ar mais quente entra em contato com o produto mais úmido, podendo-se usar ar bastante aquecido. Em contra partida, na extremidade de saída do túnel, o ar apresenta menor temperatura e está carregado de umidade, ocasionando a menor secagem do alimento ali disposto. Na movimentação contra corrente, o ar mais quente entra em contato primeiramente com o alimento mais seco, ocasionando um produto final mais seco. É indicado que no sistema contra corrente o produto seco permaneça menos tempo no túnel e que se utilize menos calor, para garantia das características sensoriais (ORDÓÑES, 2004; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

O secador por aspersão ou “*Spray dryers*”, ilustrado na Figura 3, é usado para secagem de alimentos líquidos ou pastosos. A matéria-prima é bombeada para dentro da câmara de secagem e atomizada (transformado em névoa), através de bicos pressurizados ou turbinas atomizadoras. O alimento entra em contato com o ar aquecido a temperatura próxima de 150°C, evaporando a água rapidamente, de 3 a 5 segundos,

permitindo que a temperatura interna do alimento não ultrapasse a faixa de 70°C (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

O produto sedimenta-se na forma de pó no fundo do secador, onde é retirado por sistemas de transporte pneumático até o setor de embalagem (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

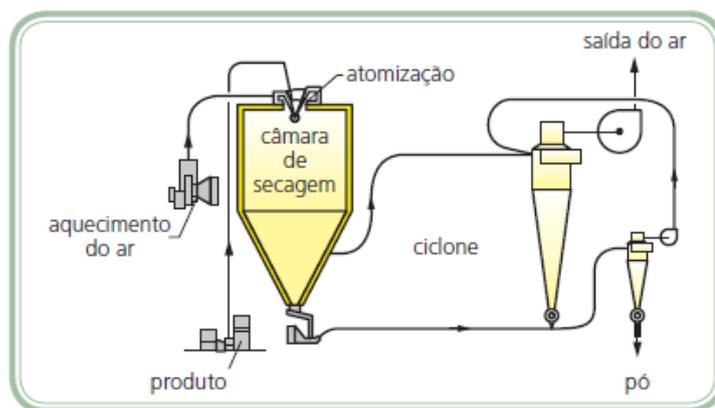


Figura 3 – Esquema básico de funcionamento do *spray dryer* (VASCONCELOS; MELO, 2010).

O secador de leito fluidizado garante a secagem do alimento através do ar quente, o qual tem contato com a base da matéria-prima disposta sobre uma placa perfurada, ajustando sua velocidade para que as partículas permaneçam sob agitação contínua. As condições de fluxo turbulento na base do produto, com pequena espessura de camada-limite, possibilita que a velocidade de secagem seja mais rápida. Esse sistema tem sido muito utilizado para a produção de batata em grânulos ou flocos, cebola em flocos, cenouras, cacau, cubos de carnes, ervilhas, entre outros (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Os secadores em que o fornecimento de calor ocorre por condução são chamados de secadores condutivos ou por contato. A fonte condutiva de calor para o material a ser seco neste tipo de secador é uma superfície aquecida. Neste tipo de equipamento, o mecanismo de secagem depende da temperatura de aquecimento, temperatura e propriedades do alimento a ser seco, e operação mecânica do secador e da pressão, podendo operar a vácuo ou sob pressão atmosférica (MELO; BRAGA; CREMASCO, 2006).

No secador de tambor ou (*drum dryers*), ilustrado na Figura 4, a matéria-prima é espalhada na superfície do tambor, aquecida internamente por vapor ou energia elétrica.

O processo de transferência de calor é realizado através das paredes internas do cilindro que aquece a camada delgada do produto úmido, que está aderido à superfície. Após a remoção da umidade, remove-se o produto seco do tambor por uma faca raspadeira. Esse secador é classificado quanto ao número de tambores: único, duplo, ou gêmeos (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

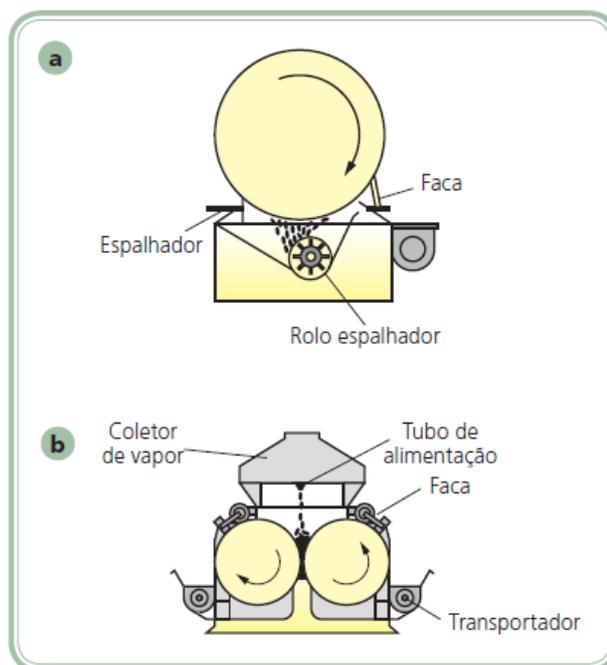


Figura 4 – Secador de tambor: a) tambor único; b) tambor duplo (VASCONCELOS; MELO, 2010).

A secagem por liofilização ou criosecagem (*freezer dryer*), ilustrado na Figura 5, é um processo de desidratação em condições de pressão e temperatura tais que a água, previamente congelada, é convertida do estado sólido diretamente para vapor de água (sublimação) (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

As altas temperaturas aplicadas nos processos mencionados anteriormente levam a modificações indesejáveis como desnaturação de proteínas, perda de compostos voláteis, formação de camadas duras e impermeáveis na superfície que dificultam a reidratação. A liofilização, por ser um processo realizado a baixas temperaturas e na ausência de ar atmosférico, garante uma maior conservação de suas propriedades físicas, químicas, nutritivas e organolépticas ao produto final, e boa capacidade de reidratação (ORDÓÑES, 2004; FELLOWS, 2006; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; METTA; AYROSA; PALETTA, 2012).

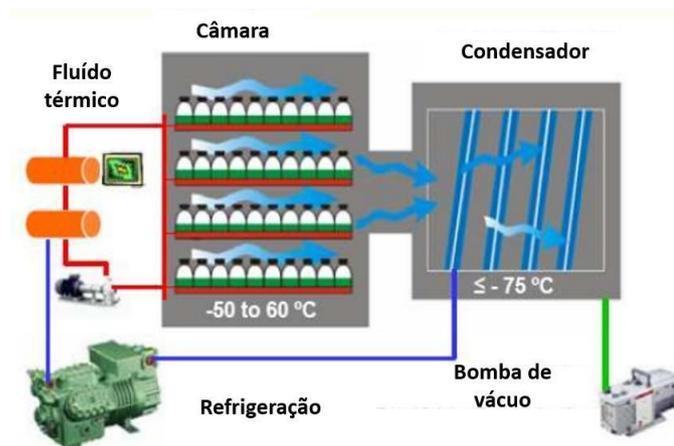


Figura 5 - Esquematização de um liofilizador (BARBOSA, 2019).

Resumidamente, a liofilização pode ser definida como um processo de estabilização, em que uma substância previamente congelada, tem o solvente removido por sublimação (secagem primária) e, em seguida, por dessorção (secagem secundária). Estas condições garantem que não haverá mais crescimento biológico e reações químicas (JENNINGS, 1999).

3.2.1.4. Métodos não convencionais de desidratação

Na maioria dos processos, a remoção da umidade se dá através do contato do ar quente de secagem com o alimento a ser seco. Entretanto, a convecção não é o único mecanismo de desidratação, e a secagem pode ser realizada através da aplicação de vácuo, desidratação por ondas do espectro eletromagnético, como o infravermelho e as micro-ondas, entre outros métodos não convencionais (SEADER; HENLEY, 2006 apud NOGUEIRA, 2016).

A secagem a vácuo é uma alternativa à secagem convencional, e possui vantagens como a redução da temperatura do processo, aumento da taxa de secagem e menor exposição ao oxigênio, reduzindo as chances de degradação dos constituintes presentes nos alimentos (AGHBASHLO *et al.*; 2013; ORIKASA *et al.*; 2014). A secagem a vácuo é um processo em que o material úmido é seco sob pressão sub-atmosférica (ARÉVALO-PINEDO; MURR, 2005), portanto, os atributos sensoriais e nutritivos dos alimentos são em sua maioria mantidos, em decorrência do tempo comparativamente curto à exposição e à baixa temperatura de secagem (HORECKI *et al.*; 2018; KAYACAN; SAGDIC; DOYMAZ, 2018; WU *et al.*; 2007).

Outro método é a secagem assistida por microondas. Nas últimas décadas, os fornos micro-ondas tornaram-se constantes não só em cozinhas residenciais, mas também se expandiram no setor industrial. As principais aplicações de micro-ondas na indústria alimentícia são o degelo, o aquecimento, a pasteurização ou esterilização comecial e desidratação de alimentos (NOGUEIRA, 2016). Na secagem com aplicação de microondas, ocorre a redução do tempo de processamento e, conseqüentemente, uma economia de energia. Além da rapidez, a secagem assistida por micro-ondas promove maior taxa de secagem em regiões mais úmidas, não interferindo nas partes secas. Por esse motivo, o alimento após a secagem com microondas pode apresentar melhor qualidade sensorial quando comparado a outros métodos. Além disso, os equipamentos de secagem com microondas requerem menor espaço físico de instalação (MENEZES *et al.*, 2007 *apud* NOGUEIRA, 2016).

A secagem por aquecimento por infravermelho também vem se tornando uma fonte importante de tratamento de calor na indústria, por conta de suas diversas vantagens existentes: equipamentos simples e de fácil manipulação, rápida resposta transiente e economias significativas de energia (COSTA; DA SILVA; DO PRADO, 2010). A secagem através da radiação infravermelha é um método que apresenta menor perda de energia quando comparado com a secagem com ar quente, já que a energia em onda eletromagnética é absorvida diretamente pelo produto (MONGPRANEET; ABE; TSURUSAKI, 2002). Isso ocorre, pois o material é aquecido rapidamente e de maneira uniforme, já que a energia da radiação infravermelha é transferida ao produto sem aquecer o ar circundante (SWASDISEVI *et al.*; 2007). Neste processo, a energia térmica é fornecida ao material úmido por radiação eletromagnética na faixa de comprimento de onda de 0,76 - 400 mm. Nessa faixa, a radiação penetra através da área superficial do material causando a vibração das moléculas, criando assim o efeito térmico (OLIVEIRA, 2016).

Algumas das vantagens da utilização da radiação infravermelha quando comparada com a secagem convencional são: alta taxa de secagem (redução de gasto energético) e distribuição uniforme de temperatura, possibilitando uma melhor qualidade do produto após a secagem. A taxa de reidratação também pode ser usada como indicador de qualidade de produtos alimentícios. Alimentos que são secos sob condições ótimas sofrem menos danos e reidratam mais rapidamente. Exemplo de produtos desidratados por infravermelho são legumes e hortaliças usadas como

ingredientes em pratos instantâneos, que necessitam de uma reidratação rápida (OLIVEIRA, 2009).

A secagem por vapor superaquecido também é uma técnica de desidratação que vem sendo utilizada pela indústria de alimentos, e baseia-se no preenchimento do secador com ar quente, e a transferência ocorre por convecção. No decorrer do processo, a umidade evaporada começa a circular juntamente com o ar quente. Isto faz com que a pressão interna aumente e ative uma válvula de controle de pressão, fazendo com que a secagem ocorra no contato com o vapor superaquecido (OLIVEIRA, 2009).

O aquecimento ôhmico é um processo alternativo de secagem, onde o calor é dissipado diretamente no alimento, em vez de ser transferido por condução ou convecção. Essa técnica pode atingir alta eficiência energética, mas requer insumos de maior custo quando comparado aos outros métodos de secagem convencionais. O aquecimento ôhmico promove um aquecimento rápido dos alimentos, com alta eficiência energética e superior qualidade. O aquecimento ôhmico possui grandes perspectivas de aplicação em indústrias para processos como pré-tratamento, desidratação e pasteurização (MENON; STOJCESKA; TASSOU, 2020).

Por fim, outros dois métodos de secagem não convencionais são a secagem por *Refractance Window*®, termo ainda sem tradução para o português, e a secagem por bombas de calor. A secagem por *Refractance Window*® é um processo de secagem que utiliza energia térmica a partir da água quente, em temperaturas muito próximas a da ebulição, para secar uma fina camada de material, através da condução, da convecção e da radiação infravermelha (OCHOA-MARTÍNEZ *et al.*; 2012). De acordo com Wang (2000), a bomba de calor é um equipamento que apresenta os mesmos componentes de uma unidade de refrigeração, operando com a função de extrair calor de uma fonte e rejeitar o ar ou a água a uma temperatura superior a essa fonte. O princípio de uma bomba de calor é desidratar o alimento através da manutenção de aquecimento do meio, a partir da absorção de calor de uma fonte de baixa temperatura e fornecimento deste calor ao meio mais quente (ÇENGEL; BOLES, 2006).

3.3. Aplicação dos métodos de conservação e a redução de perdas e desperdícios em alimentos

Com o crescimento da população global, estudos prevêem que a produção de alimentos deve aumentar em 70% até 2050. No entanto, aumentar as práticas agrícolas não será suficiente para resolver o problema global de demanda de alimentos. Assim, o desenvolvimento e a implementação de tecnologias e recursos, tem o objetivo de auxiliar a indústria de alimentos a suprir a demanda da produção de alimentos (TAVMAN et al.; 2019). Através de eficientes técnicas de conservação de alimentos, é possível reduzir as perdas e desperdícios de alimentos, e conseqüentemente a geração de resíduos alimentares, diminuindo o impacto ambiental e proporcionando sustentabilidade (SZYMKOWIAK *et al.*; 2020).

Uma pesquisa realizada por Martindale e Schiebel (2017) mostrou que a preservação dos alimentos tem um papel importante na redução de perdas e desperdício de alimentos (PDA), pois garante o melhor aproveitamento do alimento por parte dos consumidores. A pesquisa mostra que os alimentos frescos apresentam um índice de desperdício seis vezes maior em comparação aos alimentos que possuem algum tipo de método de conservação. Essa relação demonstra a importância do papel da conservação de alimentos como técnica sustentável para diminuição das PDA (MARTINDALE; SCHIEBEL, 2017).

Em relação ao método de conservação por secagem em alimentos, são inúmeras suas vantagens e aspectos que contribuem para a redução das PDA, dentre as quais podemos citar: a preservação de alimentos, a disponibilidade destes produtos nos períodos de entressafra ou de produção inexistente, a redução de custos de armazenamentos e transporte devido à redução de peso e do volume do produto, a proteção contra a degradação enzimática e a economia de energia por não necessitar de refrigeração para conservar o alimento (CELESTINO, 2010; MARTINS *et al.*; 2020).

3.4. Sistemas alimentares e o cenário mundial pós COVID-19

O Ministério da Saúde (2014) estabelecem que a alimentação:

“Diz respeito à ingestão de nutrientes, mas também aos alimentos que contêm e fornecem os nutrientes, a como alimentos são combinados e preparados entre si, a características do modo de comer e às dimensões culturais e sociais das práticas alimentares”.

Este também garante a alimentação saudável como um direito humano básico, implicando no “acesso permanente e regular, de forma socialmente justa, a uma prática

alimentar adequada aos aspectos biológicos e sociais do indivíduo, e que deve estar em acordo com as necessidades alimentares especiais” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

De acordo com o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2004), segurança alimentar é:

“A realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis”

O conjunto de práticas e processos utilizados no preparo de um alimento, incluindo as áreas da agricultura e pecuária, pré-processamento e processamento, distribuição, abastecimento, comercialização, preparo e momento de consumo refere-se ao conceito de sistemas alimentares. Na abordagem de sistemas alimentares é necessário considerar todos os determinantes do consumo alimentar a partir das relações estabelecidas entre os diferentes agentes participantes da cadeia: produtores, distribuidores e consumidores (MARTINELLI; CAVALLI, 2019).

A pandemia de COVID-19 realçou as fragilidades dos sistemas agroalimentares e as desigualdades em nossa sociedade, impulsionando o aumento da fome no mundo e grave insegurança alimentar (FAO, 2022). Em termos de densidade populacional, o estudo conduzido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura (FAO), avaliou que, na metade do ano de 2017, a população mundial era de 7,6 bilhões de pessoas, e a cada ano, haveria um aumento de aproximadamente 83 milhões de pessoas na população mundial. Mesmo com os índices de natalidade em decréscimo, estimou-se que, em 2030, a população global estará entre 8,4 e 8,6 bilhões de habitantes, e, em 2050, entre 9,4 e 10,2 bilhões (FAO, 2017).

Segundo o relatório *World Population Prospects 2022* da Organização das Nações Unidas (ONU), o planeta terra atingiu a marca de 8 bilhões de habitantes em 15 de novembro de 2022. Atualmente, estudos sugerem que o número de pessoas incapazes de consumir dieta saudável em todo o mundo aumentou em 112 milhões para quase 3,1 bilhões, refletindo os impactos do aumento dos preços dos alimentos ao consumidor durante a pandemia do COVID-19 (FAO, 2022; ONU, 2022).

A Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (PENSSAN) divulgou o Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no

Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil, em 2021. Os dados coletados entre os meses de Setembro a Dezembro de 2020 indicaram que, menos da metade dos domicílios brasileiros (44,8%), tinha seus moradores em segurança alimentar (PENSSAN, 2021). Dos demais, 55,2% que se encontravam em insegurança alimentar; 9% conviviam com a fome, ou seja, estavam em situação de insegurança alimentar grave, sendo pior essa condição nos domicílios de área rural (12%), indicando aumento de 19% nos domicílios onde algum morador havia perdido o emprego ou houve endividamento, ambos em razão da pandemia. Tais índices refletem o impacto da COVID-19 sobre a segurança alimentar das famílias, consequência da elevada desigualdade social que caracteriza o Brasil (PENSSAN, 2021). Assim, abordar o desperdício de alimentos oferece uma grande oportunidade para melhorar a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas em toda a cadeia de abastecimento (UNEP, 2023).

3.5. Perdas e desperdício de alimentos

No Brasil, em torno de 35% da produção anual de recursos alimentícios são desperdiçados, ocupando o ranking dos 10 países com maior índice de perdas de alimentos no mundo (SCIALABBA, 2015). As famílias brasileiras desperdiçam, em média, 353 gramas de comida por dia ou 128,8 kg por ano. Em análise per capita, o desperdício é de 114 gramas diários, o representa um desperdício anual de 41,6 kg por pessoa (DE ARAUJO *et al.*, 2018).

Para uma contextualização global, é preciso entender as diferenças inerentes às perdas e aos desperdícios de alimentos (PDA). As perdas, de um modo geral, ocorrem principalmente durante a produção, pós-colheita e o processamento, em situações nas quais o alimento não é colhido ou acaba sendo danificado em alguma destas etapas, como o armazenamento e o transporte, por exemplo. Estes fatores contribuem para a redução dos alimentos disponíveis para o consumo humano, e caracterizam-se como consequências das ineficiências na cadeia produtiva, tais como infra-estrutura, logística deficiente, e/ou falta de tecnologias para a produção. Já o desperdício é definido como o descarte intencional de produtos alimentícios apropriados para o consumo humano, sendo decorrente, portanto, do próprio comportamento dos indivíduos (FAO, 2013).

A PDA é um tópico importante devido aos seus altos custos socioeconômicos e sua relação com a gestão de resíduos e desafios das mudanças climáticas, gerando

perdas em relação a recursos inestimáveis, ao mesmo tempo em que contribui para a degradação do meio ambiente. Ocorrendo a perda e desperdício de um alimento, há também a perda de recursos investidos na sua produção. Uma vez que estes (terra, energia, água, insumos agrícolas, entre outros) são de natureza limitada, devem ser aplicados de forma eficiente e de forma sustentável (BERETTA *et al.*; 2013).

A globalização também é um fator associado ao desperdício de alimentos devido à alta demanda de oferta (SOBAL, 1999; PINGALI; KHWAJA, 2004), e aumento de disponibilidade dos alimentos regionais em termos de quantidade, tipo, custo, variedade e conveniência (HAWKES, 2006) através de importação/exportação de alimentos (PRETTY *et al.*; 2005). Assim, a PDA na cadeia alimentar tem causas econômicas, políticas, culturais e tecnológicas, que abrangem as principais etapas da cadeia processadora: produção, transporte, comercialização, sistema de embalagem e armazenamento (RICARTE *et al.*; 2021).

Quanto aos fatores tecnológicos da produção, a presença de microorganismos em alimentos impacta diretamente na causa deste alto volume de perdas e desperdícios, já que atuam diretamente na qualidade organoléptica do produto, alterando seu aspecto visual, textura, sabor e aroma, e podendo causar sua deterioração. Já a presença de microorganismos patogênicos, além de modificar os atributos sensoriais, também afeta a inocuidade do alimento, tornando-o impróprio para consumo (SALAS *et al.*; 2017).

Ao analisar as perdas por categoria de alimento, 40 a 50% referem-se ao grupo das raízes e tubérculos, frutas e hortaliças; 35% advêm de peixes e frutos do mar; 30% de grãos e cereais; e 20% de produtos de origem animal e oleaginosas (FAO, 2011).

No Brasil, o ranking dos alimentos mais desperdiçados mostra arroz (22%), carne bovina (20%), feijão (16%) e frango (15%) com os maiores percentuais relativos ao total desperdiçado pela amostra pesquisada. Hortaliças (4%) e frutas (4%) são desperdiçadas em menor quantidade relativa ao volume total (EMBRAPA, 2018).

3.6. Medidas preventivas contra a perda e desperdício em alimentos

Ações para reduzir a perda e o desperdício de alimentos podem depender de diferentes fatores, de acordo com o tipo de alimento perdido ou desperdiçado. Em relação aos âmbitos políticos e econômicos, o impacto dos esforços para reduzir a perda e o desperdício de alimentos sobre agricultores, processadores, distribuidores, varejistas

e consumidores depende de como o efeito sobre os preços é transmitido ao longo da cadeia alimentar (FAO, 2019).

Em termos culturais, uma pesquisa realizada pela Embrapa em 2018 mostrou que o desperdício alimentar domiciliar no Brasil pode ser correlacionado com duas variáveis: Consciência socioambiental e percepção do impacto no orçamento familiar. Como resultados, entrevistados com maior consciência ambiental, e maior percepção do impacto do desperdício no orçamento familiar, apresentaram menor propensão a desperdiçar alimentos em relação àqueles com menor compreensão quanto a tais questões (EMBRAPA, 2018).

A redução da PDA é uma preocupação da indústria processadora. Com o uso da tecnologia de alimentos, a qual relaciona a produção e o consumo dos alimentos, e tem como princípio a preservação de tais produtos, é possível reduzir a PDA pelo aumento de sua disponibilidade para o mercado consumidor, através de métodos de conservação em alimentos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; KITINOJA *et al.*; 2011). Desta forma, a conservação de alimentos é uma das tecnologias mais importantes para a indústria processadora, uma vez sua aplicação garante a segurança do alimento, prevenindo diversas ameaças à saúde dos consumidores (SZYMKOWIAK *et al.*; 2020).

3.7.A importância da secagem na redução das perdas e desperdícios de alimentos

A secagem de alimentos é uma técnica de extrema importância para a indústria alimentícia e oferece possibilidades de desenvolvimento de ingredientes e novos produtos aos consumidores. Na última década, houve muitos avanços na tecnologia associada à secagem industrial de alimentos, incluindo pré-tratamentos, técnicas, equipamentos e melhorias na qualidade (MOSES *et al.*; 2014).

Pesquisas recentes como de Hnin e Colaboradores (2018) e Menon e Colaboradores (2019), relacionam o gasto de energia em métodos de secagem já existentes e em novas tecnologias, com o aumento da qualidade dos produtos desidratados, melhoria na eficiência de processo. Como abordagens de métodos de secagem, são sugeridas: a secagem assistida por energia solar; secagem assistida por infravermelho, secagem assistida por microondas, secagem por bombas de calor, secagem por vapor superaquecido, secagem por vácuo, secagem por eletrotecnologias, secagem ôhmica e outros métodos de secagem híbrida. Devido ao efeito sinérgico, o uso

de novas tecnologias e a combinação de métodos de secagem se mostra favorável para a redução no tempo de secagem, ótima economia de energia, qualidade superior do produto e aplicabilidade industrial eficiente.

Banožić e Colaboradores (2021) também abordam a questão da redução das perdas e desperdício de alimentos associados à aplicação de métodos de secagem como prática de conservação. Os autores discutem a utilização da técnica de secagem por *spray dryer* e suas vantagens perante outros métodos de secagem, como eficiência em termos energéticos, economia de tempo do processo, e qualidade final do produto alimentar. Em relação à redução das PDA, o método se mostra vantajoso, pois agrega valor aos subprodutos gerados pela indústria, transformando produtos antes descartados em alimentos nutritivos e saborosos, garantindo a manutenção da utilização consciente de recursos naturais e aumentando a oferta de alimentos aos consumidores.

Outros estudos de grande importância atual no âmbito da secagem de alimentos são os estudos conduzidos por Oyinloye e Yoon (2020) e Liu & Colaboradores (2021), os quais apresentam a técnica de liofilização como método de secagem mais vantajoso para manutenção das qualidades sensoriais e nutricionais de produtos alimentícios, bem como sua elevada eficiência em termos energéticos. A revisão de Qu e Colaboradores (2021) aborda a questão energética em métodos de secagem de uma maneira mais sintética. Assim como nas pesquisas citadas anteriormente, observou-se que as tecnologias de secagem por bomba de calor e a utilização de métodos combinados, como secagem solar com micro-ondas e bomba de calor com micro-ondas, torna o sistema de secagem mais eficiente, e garante alimentos com melhor qualidade. Na redução das perdas e desperdícios de alimentos e seu impacto no cenário atual, Alexander e Colaboradores (2017) e Cattaneo e Colaboradores (2020), destacam a importância da redução das PDA para manutenção dos sistemas alimentares mais sustentáveis.

A tabela 2 mostra os principais trabalhos desenvolvidos entre os anos de 2018 a 2021, relacionando aos estudos mais recentes sobre tecnologia de secagem em alimentos, com base em sua eficiência energética, sustentabilidade de processo e métodos mais promissores. Os trabalhos foram elencados na tabela 2 como os mais ilustrativos quanto à relação entre a técnica de secagem e seu papel na redução da PDA, conforme o recorte delimitado pelo objetivo desta revisão.

Também apresenta pesquisas referentes às perdas e desperdícios de alimentos, e seu papel na manutenção dos sistemas alimentares na sociedade atual, bem como a relação entre o método de secagem como abordagem de conservação de alimentos para redução dos índices de PDA. A Tabela 2 apresenta os trabalhos e os organiza quanto ao tema do estudo, a metodologia empregada e principais conclusões apresentadas pelos autores.

Tabela 2. Relação dos autores, tema dos estudos e principais métodos abordados nas publicações recuperadas através das buscas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*.

Publicações	Tema Principal	Metodologia	Principais conclusões
Hnin et al., 2018 (*)	Economia de energia em métodos de secagem já existentes e discussão de novas tecnologias de secagem	Secagem assistida por energia solar; secagem assistida por infravermelho; Secagem assistida por micro-ondas; Outros métodos de secagem híbrida	A utilização de sistemas híbridos de secagem contribui para a redução de tempo de secagem, economia de energia, qualidade produto e eficiência de processo.
Menon; Stojceska; Tassou, 2020 (*)	Eficiência energética de métodos convencionais utilizados na indústria de alimentos para secagem de produtos alimentícios	Secagem por sistemas híbridos; secagem por bombas de calor; secagem por vapor superaquecido; secagem por vácuo; secagem por micro-ondas; secagem por <i>refractance window</i> ®; secagem por eletrotecnologias; secagem ôhmica.	A eficiência energética das tecnologias de secagem variam com a quantidade de energia consumida pela fonte de aquecimento usada para secar ou desidratar o produto alimentar. O uso de tecnologias híbridas baseadas em energia solar mostrou eficiência energética e sustentável, devido ao uso de fontes renováveis de energia aplicada na secagem de alimentos.
Qu et al., 2021	Sustentabilidade dos métodos de secagem baseado em fontes de energia renováveis	Classificação das tecnologias de secagem; classificação de métodos de secagem baseados em fontes de energia sustentável; secagem por sistemas híbridos; secagem por bombas de calor; secagem por micro-ondas.	A secagem com bomba de calor integrada é a mais promissora tecnologia de secagem em termos de eficiência energética e produto de qualidade. Sistemas híbridos de secagem, como solar com micro-ondas e bomba de calor com micro-ondas também recebem destaque quanto à qualidade final do produto gerado.

Publicações	Tema Principal	Metodologia	Principais conclusões
Liu; Zhang; Hu, 2021 (*)	Definir conceitos, princípios, vantagens e desvantagens da liofilização, progresso da pesquisa e aplicação na indústria.	Revisão do método de secagem por liofilização.	A tecnologia de liofilização tem grande valor de aplicação na indústria de alimentos e pode ser afetada por diversos fatores e condições de operação.
Oyinloye; Yoon, 2020	Efeitos da liofilização na qualidade dos alimentos, eficiência e rendimento energético de produção de alimentos em pó	Revisão de modelos de cinética para secagem de alimentos liofilizados; características de moagem; limitações do processo de secagem durante a moagem; métodos inovadores para melhorar os processos de secagem e moagem.	Os processos de secagem e moagem são as operações unitárias predominantes que determinam a qualidade de produtos alimentícios em pó. Apesar do longo tempo de processamento e alto custo, a liofilização é o processo mais indicado devido à sua alta qualidade do produto final.
Alexander et al., 2017 (*)	Compreensão da magnitude das perdas e desperdícios de alimentos, e como estes impactam na eficiência geral dos sistemas alimentares	Análise da produção primária de produtos agrícolas com base nas necessidades e consumo alimentar humano; cálculo de perdas; análise das perdas em termos de massa seca, massa úmida, proteína e energia.	O comportamento do consumidor quanto às práticas de produção desempenha papéis cruciais na eficiência do sistema alimentar. Taxas de perda foram associadas com a produção de gado, e mudanças nos níveis de consumo de carnes, laticínios e ovos pode afetar substancialmente a eficiência geral do sistema alimentar e redução dos impactos ambientais.
Cattaneo; Federighi; Vaz, 2020	Redução das perdas e desperdícios de alimentos e sua contribuição para construção de sistemas alimentares mais sustentáveis	Perspectiva sobre a redução da PDA na sustentabilidade; impacto ambiental; eficiência de uso de recursos e intensidade de emissão de GEE gerados pelas PDA; simulação do impacto ambiental provocado pela redução das PDA; simulação no impacto ambiental provocado pela redução das PDA na emissão de GEE.	Os efeitos econômicos, o custo dos alimentos para os consumidores e o manejo de políticas públicas determinam o resultado das reduções na perda e desperdício de alimentos.

Publicações	Tema Principal	Metodologia	Principais conclusões
Banožić et al., 2021 (*)	Redução das perdas e desperdícios de alimentos por utilização de secagem por <i>spray-dryer</i> e seu impacto na qualidade destes produtos	Secagem por <i>spray dryer</i> .	Para o aproveitamento dos recursos naturais, é de fundamental importância a aplicação de técnicas adequadas para a recuperação e garantir a estabilidade de compostos bioativos. A secagem por pulverização foi apontada como o método mais apropriado para agregar valor aos resíduos gerados, reduzindo a perda e desperdício de alimentos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Dentre os trabalhos citados na tabela 2, destacam-se os estudos marcados com asterisco, pois estes trabalhos abordam as técnicas mais promissoras de secagem, em termos de economia de energia e recursos naturais, e relacionar o método de secagem como agente causador da diminuição das perdas e desperdícios de alimentos.

4. CONCLUSÃO

A secagem é um dos processos mais importantes de conservação de alimentos, visando à remoção de água e outros compostos voláteis, fornecendo um produto sólido com umidade reduzida, com características impróprias para o desenvolvimento microbiano. Na indústria de alimentos, diversas técnicas são utilizadas para produção dos produtos desidratados, como a secagem natural, a desidratação artificial, e os métodos menos usuais de secagem.

Atualmente, técnicas menos convencionais de secagem apresentam maior destaque por sua eficiência em termos de energia e preservação de parte dos recursos naturais, quando comparado aos métodos tradicionais, que possuem como princípio a condução e convecção de ar quente, gerando impacto positivo na sustentabilidade. Pesquisas recentes também discutem a questão do desperdício de alimentos, a fome mundial e os danos ambientais causados pela perda e desperdício de alimentos, atribuindo tais questões com práticas inadequadas de conservação.

Com o aumento da população mundial e o atual cenário pós-pandemia de COVID-19, a manutenção dos sistemas alimentares e aumento da oferta de alimentos mostra-se um desafio para os líderes mundiais, principalmente os de países em desenvolvimento. No Brasil, mais da metade da população se encontra em situação de insegurança alimentar, não recebendo seu direito como cidadão a uma alimentação saudável, de qualidade, e consistente. Nesse contexto, práticas agrícolas sustentáveis e eficiência em termos de recursos tecnológicos ajudam os produtores a se adaptarem às mudanças e sustentarem seus meios de subsistência.

Assim, a utilização da secagem como abordagem de conservação está diretamente ligada à diminuição das perdas e desperdícios de alimentos, endossando a vantagem de se aplicar métodos integrados, os quais apresentam diversas vantagens não só quanto à economia de energia e recursos, mas principalmente em relação às características sensoriais e nutricionais dos produtos. A secagem natural, que utiliza de energia solar, é um método favorável principalmente para os pequenos e médios produtores, que não disponibilizam de recursos para instalação de uma unidade de secagem industrial, e pode ser utilizado sozinho ou combinado a outras tecnologias. Analisando métodos isolados de secagem, a liofilização destaca-se como método mais promissor, sobretudo em relação à manutenção dos parâmetros de qualidade e economia

de recursos, porém ainda é considerado um processo custoso e utilizado em sua maioria para produções de pequena escala e em países desenvolvidos.

Desta forma, o presente trabalho relacionou os aspectos fundamentais da tecnologia de secagem de alimentos com a importância da manutenção dos sistemas alimentares e da redução das perdas e desperdício de alimentos, através da aplicação adequada do método de conservação. A redução da atividade de água proporciona a segurança do alimento e seus aspectos de qualidade, reduzindo a PDA através da inibição de atividades deteriorantes de ordem química, enzimática e biológica, que culminariam na possível perda de alimentos. O uso da tecnologia de secagem agrega valor a subprodutos que possivelmente seriam descartados, aumentando a oferta de alimentos aos consumidores, ocasionando em uma exploração eficiente dos recursos naturais, diminuição da geração de resíduos e melhor proteção do meio ambiente.

5. REFERENCIAS

AGHBASHLO, M.; HOSSEIN, M.; SHAHIN, R.; ASHKAN, M. A review on exergy analysis of drying processes and systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 1-22, 2013.

ALEXANDER, P; BROWN, C; ARNETH, A; FINNIGAN, J; MORAN, D; ROUNSEVELL, M. D. A. Losses, inefficiencies and waste in the global food system. **Agricultural systems**, v. 153, p. 190-200, 2017.

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

BANOŽIĆ, M; VLADIĆ, J; BANJARI, I; VELIĆ, D; ALADI, K; JOKIĆ, S. Spray Drying as a Method of Choice for Obtaining High Quality Products from Food Wastes – A Review. **Food Reviews International**, p. 1-33, 2021.

BARBOSA, V. P. **Operações unitárias empregadas nos processos de purificação de l-asparaginase, um anti-leucêmico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BERETTA, C; STOESSEL, F; BAIER, U; HELLWEG, S. Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. **Waste management**, v. 33, n. 3, p. 764-773, 2013.

BHATTA, S; STEVANOVIC, J. T; RATTI, C. Freeze-drying of plant-based foods. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 87, 2020.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995.

CATTANEO, A; FEDERIGHI, G; VAZ, S. The environmental impact of reducing food loss and waste: A critical assessment. **Food Policy**, v. 98, n. 101890, 2021.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>. Acesso em 5 mar. 2022.

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica**. 7 ed. Nova York: McGraw-Hill, 2013.

CONSEA. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Princípios e Diretrizes de uma Política de Segurança Alimentar e Nutricional**. Brasília: Positiva, 2004. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/conferencias/Seguranca_Alimentar_I/textos_referencia_2_conferencia_seguranca_alimentar.pdf. Acesso em 05 mar. 2023.

CORNEJO, P. E. F; NOGUEIRA, I. R; WILBERG, C. V. **Secagem como método de conservação de frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2003. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/415605/1/2003DOC0054.pdf>. Acesso em 05 mar. 2023.

COŞKUN, A; ÖZBÜK, R. M. Y. What influences consumer food waste behavior in restaurants? An application of the extended theory of planned behavior. **Waste Management**, v. 117, p. 170-178, 2020.

COSTA, D. M.; DA SILVA, D. P.; DO PRADO, M. M. **Estudo da secagem infravermelho de sementes de girassol**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Tiradentes, Aracaju, Aracaju, 2010.

DE ARAUJO, G. P.; LOURENÇO, C. E.; DE ARAÚJO, C. M. L.; BASTOS, A. **Intercâmbio Brasil-União Européia sobre Desperdício de Alimentos**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1105525>. Acesso em 05 mar. 2023.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FEIDEN, A.; GALVANI, F.; CAMPOLIN, A. I. **Desidratação de frutas utilizando secador solar**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037117/1/COT98.pdf>. Acesso em 05 mar. 2023.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2ª edição, Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

FERNANDO, W. J. N.; THANGAVEL, T. Vacuum drying characteristics of coconut. **Drying Technology**, Nova York, v. 5, n. 3, p. 363-372, 1987.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Food wastage footprint. Impacts on natural resources**. 2013. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>>. Acesso em 05 mar. 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Global Food Losses And Waste**. 2011. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>>. Acesso em 05 mar. 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **The future of food and agriculture**. 2017. Disponível em: < <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>>. Acesso em 11 set. 2022.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **In Brief to The State of Food Security and Nutrition in the World**. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0640en>>. Acesso em 21 out. 2022.

FRANCISQUINI, J. D. A.; MARTINS, E.; SILVA, P. H. F.; SCHUCK, P.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Reação de Maillard: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 1, p. 48-57, 2017.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: Princípios e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Nobel Editora, 2009.

GHNIMI, S.; UMER, S.; KARIM, A.; KAMAL-ELDIN, A. Date fruit (Phoenix dactylifera L.): An underutilized food seeking industrial valorization. **NFS journal**, v. 6, p. 1-10, 2017.

HAWKES, C. Uneven dietary development: linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity, and diet-related chronic diseases. **Global Health**, v. 2, n. 1, p. 4, 2006.

HNIN, K. K.; ZHANG, M.; ZHANG, A. S.; ZHU, Y. Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review. **Drying Technology**, v. 37, n. 12, p. 1465-1480, 2018.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil alimentos**, v. 9, n. 1, p. 23-30, 2001.

HORECKI, A. T.; VAKULA, A.; PAVLIC, B.; JOKANOVIĆ, M. Comparative drying of cornelian cherries: kinetics modeling and physico-chemical properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 3, p. e13562, 2018.

IBARZ, A.; BARBOSA-CANOVÁS, G. V. **Unit Operations in Food Engineering**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2002.

JENNINGS, T. A. **Lyophilization: Introduction and basic principles**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press LLC. 1999.

KAYACAN, S.; SAGDIC, O.; DOYMAZ, I. Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds and color of bee pollen. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2018.

KITINOJA, L.; SARAN, S.; ROY, K. S.; KADER, A. Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 4, p. 597-603, 2011.

KOHMANN, L. M. **Atividade de água em alimentos**. Senai, 2013. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/24843_59178.pdf. Acesso em 05 mar. 2023.

LIU, Y.; ZHANG, Z.; HU, L. High efficient freeze-drying technology in food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 12, p. 3370-3388, 2022.

LUDWIG-OHM, S.; DIRKSMEYER, W.; KLOCKGETHER, K. Approaches to reduce food losses in German fruit and vegetable production. **Sustainability**, v. 11, n. 23, p. 6576, 2019.

MARTINDALE, W.; SCHIEBEL, W. The impact of food preservation on food waste. **British Food Journal**, v. 119, n. 12, p. 2510-2518, 2017.

- MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Alimentação saudável e sustentável: Uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 4251-4262, 2019.
- MARTINS, F. P.; BOSCH, J. C.; SILVA, A. J. O.; SIQUEIRA, A. M. O. Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, p. 0600-0607i, 2020
- MATHLOUTHI, M.; ROGE, B. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 61–71, 2003.
- MEDEIROS, M. L.; ARYOSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. M.; LANNES, S. C. S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 4, p. 402-406, 2006.
- MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 1, p. 110-115, 2006.
- MELO, K. P; BRAGA, N. P; CREMASCO, M. A. **Secagem de Borra de Café em um Secador Por Contato a Vácuo com Agitação Mecânica**. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 32., 2006, Maringá – Paraná.
- MENEZES, R. R.; SOUTO, P. M.; KIMINAMI, R. H. G. A. Sinterização de cerâmicas em microondas. Parte I: Aspectos fundamentais (Microwave sintering of ceramics. Part I: Fundamental aspects). **Cerâmica**, v. 53, p. 1-10, 2007.
- MENON, A.; STOJCESKA, V.; TASSOU, S. A. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 100, p. 67-76, 2020.
- METTA, F.; AYROSA, A.; PALETTA, F. **O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle da umidade**. In: XII Safety, Health and Environment World Congress. 2012. Disponível em: <http://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/035.pdf>. Acesso em 05 mar. 2023.
- MILJKOVIC, D.; WINTER-NELSON, A. Measuring postharvest loss inequality: Method and applications. **Agricultural Systems**, v. 186, n. 102984, 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acessado em: 10 set. 2022.
- MONGPRANEET, S.; ABE, T.; TSURUSAKI, T. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 2, p. 147- 156, 2002.
- MOSES, J. A.; NORTON. T.; ALAGUSUNDARAM. K.; TIWARI, B. K. Novel drying techniques for the food industry. **Food Engineering Reviews**, v. 6, p. 43-55, 2014.
- MUJUMDAR, A.S. **Handbook of Industrial Drying**. 3. ed. Florida: CRC/Taylor & Francis, 2006.

NICOLAU, P. B. **Microorganismos e crescimento microbiano**. 2014. Disponível em: https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/6137/1/UT2_Microorganismos%20e%20crescimento%20microbiano_PBN.pdf. Acesso em 05 mar. 2023.

NOGUEIRA, G. D. R. **Estudo de técnicas híbridas de desidratação de resíduos de acerola**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I.; QUINTERO, P. T.; AYALA, A. A.; ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food engineering**, v. 109, n. 1, p. 69-75, 2012.

OLIVEIRA, R. A. **Estudo da secagem em dois tipos de secadores: Avaliação dos parâmetros operacionais e comportamento do material seco**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

ONU. Organização das Nações Unidas. **População mundial atinge 8 bilhões de pessoas**. 2022. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUES, M. I. C.; ÁLVARES, L. F.; SANZ, M. L. G.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos Vol. 1 – Componentes dos alimentos e processos**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). **Tecnologias de conservação aplicadas à segurança de alimentos**. Washington: OPAS. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.37774/9789275721032>. Acesso em 05 mar. 2023.

ORIKASA, T. KOIDE, S.; OKAMOTO, S.; IMAIZUMI, T.; MURAMATSU, Y.; TAKEDA, J.; SHIINA, T.; TAGAWA, A. Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices. **Journal of Food Engineering**, v. 125, n. 1, p. 51-58, 2014.

OYINLOYE, T. M.; YOON, W. B. Effect of freeze-drying on quality and grinding process of food produce: A review. **Processes**, v. 8, n. 3, p. 354, 2020.

PARFITT, J.; BARTHEL, M.; MACNAUGHTON, S. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. **Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences**, v. 365, n. 1554, p. 3065-3081, 2010.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêrabartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **In: Engenharia Rural**, v. 3, n. 1, p. 81-86, 1992.

PENSSAN. Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. **Food Insecurity and Covid-19 in Brazil**. 2021. Disponível em: https://olheparaafome.com.br/VIGISAN_AF_National_Survey_of_Food_Insecurity.pdf. Acesso em 05 mar. 2023.

PINGALI, P.; KHWAJA, Y. **Globalization of Indian diets and the transformation of food supply systems.** 2004. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/23796>. Acesso em 05 mar. 2023.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Food science.** 5. ed. New Delhi: Springer Science & Business Media, 1995.

PRETTY, N.; BALL, S. A.; LANG T.; MORISON, L. I. J. Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. **Food policy**, v. 30, n. 1, p. 1-19, 2005.

PROENÇA, R. P. D. C. Alimentação e globalização: algumas reflexões. **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 4, p. 43-47, 2010.

QU, H.; MASUD, M. H.; ISLAM, M.; KHAN, M. I. H.; ANANNO, A. A.; KARIM, A. Sustainable food drying technologies based on renewable energy sources. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 25, p. 6872-6886, 2022.

RAHMAN, M. S.; PERERA, C. O. **Drying and food preservation. In: Handbook of food preservation.** 2. ed. CRC Press, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SARAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004.

RICARTE, R. P. M.; FÉ, M. B. A.; SANTOS, S. V. H. I.; LOPES, M. K. A. Avaliação do desperdício de alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição institucional em Fortaleza-CE. **Saber Científico**, v. 1, n. 1, p. 158-175, 2021.

SALAS, L. M.; MOUNIER, J.; VALANCE, F.; COTON, M.; THIERRY, A.; COTON, E. Antifungal microbial agents for food biopreservation - A review. **Microorganisms**, v. 5, n. 3, p. 37, 2017.

SANDU C. Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. **Biotechnology Progress**, v. 2, n. 3, p. 109-119, 1986.

SCHMITZ, A.; KENNEDY, P. L.; SCHMITZ, T. G. **Food security in an uncertain world: an international perspective.** 1. ed. Bingley: Emerald Group Publishing, 2015.

SCIALABBA, N. **Food Wastage Footprint & Climate Change.** Rome: FAO, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/7338e109-45e8-42da-92f3-ceb8d92002b0/>. Acesso em 05 mar. 2023.

SEADER, J. D.; HENLEY, E. J. **Separation Process Principles.** 3ª ed. Danvers: John Wiley & Sons, Inc., 2006.

SENAI. **Industrialização de Frutas e Hortaliças.** São Paulo: SENAI-SP Editora, 2016.

SOBAL, J. Food system globalization, eating transformations, and nutrition transitions. In: RAYMOND, G. **Food in Global History.** 1 ed. Abingdon: Routledge, 2000.

SWASDISEVI, T.; DEVAHASTIN, S.; NGAMCHUM, R.; SOPONRONNARIT, S. Optimization of a drying process using infrared-vacuum drying of Cavendish banana

slices. **Songklanakarín Journal of Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 809-816, 2007.

SZYMKOWIAK, A.; GUZIK, P.; KULAWIK, P.; ZAJAC, M. Attitude-behaviour dissonance regarding the importance of food preservation for customers. **Food Quality and Preference**, v. 84, p. 103935, 2020.

TAVMAN, S.; OTLES, S. GLAUE, S.; GOGUS, N. Food preservation technologies. In: GALANAKIS, C. **Saving food: Production, supply chain, food waste and food consumption**. 1. Ed. Cambridge: Academic Press, 2019.

UN. United Nations. **Resolution Adopted by the General Assembly. 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf>. Acesso em 05 mar. 2022.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Sustainable Food and Production**. 2023. Disponível em: <<https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/sustainable-food>>. Acesso em 05 mar. 2023.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO, F. A. B. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2016. Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons_Alimentos.pdf?sequence=2. Acesso em 05 mar. 2023.

WANG, S. K. **Handbook of Air Conditioning and Refrigeration**. 2 ed. Nova York: McGraw-Hill, 2000.

WU, L.; ORIKASA, T.; OGAWA, Y.; TAGAWA, A. Vacuum drying characteristics of eggplants. **Journal of Food Engineering**, v. 83, n. 3, p. 422-429, 2007.