



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDICIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MILLENA CALLINE DA SILVA CIRILO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIPOS DE SECAGEM E SUAS
PARTICULARIDADES DE PROCESSO**

ANGICOS

2021

MILLENA CALLINE DA SILVA CIRILO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIPOS DE SECAGEM E SUAS
PARTICULARIDADES DE PROCESSO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos

Co-orientador: Prof. Dra. Lêda Maria Oliveira de Lima

ANGICOS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C578 Cirilo, Millena Calline da Silva.
Análise comparativa dos tipos de secagem e
suas particularidades de processo / Millena
Calline da Silva Cirilo. - 2021.
47 f. : il.

Orientador: Damilson Ferreira dos Santos.
Coorientadora: Lêda Maria Oliveira de Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
Curso ou Programa--, 2021.

1. Tipos de secagem. 2. Conservação de
alimentos. 3. Regionalização. I. Santos, Damilson
Ferreira dos, orient. II. Lima, Lêda Maria
Oliveira de, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MILLENA CALLINE DA SILVA CIRILO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIPOS DE SECAGEM E SUAS PARTICULARIDADES DE
PROCESSO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e
Tecnologia.

Defendida em: 16 / 11 / 2021 _____.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos
Orientador



Profa. Dra. Lêda Maria Oliveira de Lima
Membro Examinadora



Profa. Dra. Roberta Pereira da Silva
Membro Examinador

Dedico este trabalho primeiramente à minha família, por todo o apoio dado para a minha formação acadêmica, especialmente aos meus pais Gilson Cirilo e Gilvania Pereira que sempre me proporcionaram educação e conhecimento. E ao meu namorado Augusto Brito, que sempre me apoiou e incentivou em todas as áreas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus familiares que sempre me apoiaram e incentivaram em todas as áreas da minha vida, em especial aos meus pais Gilson Cirilo e Gilvania Pereira por todo incentivo e esforço para o financiamento da minha trajetória acadêmica, nunca medindo esforços para me ajudar nesta minha jornada inicial.

A minha tia Geysa Pereira e irmãos Gilson Cirilo Junior, Wescley Sander e irmã Regina Cirilo por serem meus maiores incentivadores e por me ajudarem em momentos de precisão.

A minha irmã Micarlla Cirilo por orientações e total participação em toda a minha vida acadêmica, sempre.

A minha cunhada Gilmara Oliveira por todos os conselhos e os momentos em que escutava minhas reclamações e dúvidas.

Aos meus amigos de graduação pela ajuda mútua em todo o momento de faculdade, incentivo e união ao qual todos compartilhavam pela mesma experiência de se mudar para outra cidade, com a visão de estudar. Além, também, dos momentos de descontração totalmente necessários.

Ao meu namorado Augusto Brito por ser o responsável por me acalmar e manter minha sanidade muitas vezes, além de compreender meus momentos difíceis e ajudar-me com eles. Por me apoiar, me orientar e me incentivar positivamente.

Aos meus médicos, Dr. Honorato Nóbrega e Dra. Surama Silva por garantirem meu bem estar e por suas disponibilidades sempre que preciso.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos por sua disponibilidade, dedicação, paciência e conselhos. Por todo o conhecimento passado durante a trajetória deste trabalho. Além de ser uma referência de profissional.

A minha Co-orientadora Prof. Dra. Lêda Maria Oliveira de Lima pelos ensinamentos e experiência.

A Deus por todas as oportunidades e caminhos guiados.

A Universidade Federal Rural do Semi-árido pela oportunidade.

A Banca Examinadora pelas orientações.

Por fim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para esta conquista.

“Não acredite em algo simplesmente porque ouviu. Não acredite em algo simplesmente porque todos falam a respeito. Não acredite em algo simplesmente porque está escrito em seus livros religiosos. Não acredite em algo só porque seus professores e mestres dizem que é verdade. Não acredite em tradições só porque foram passadas de geração em geração. Mas, depois de muita análise e observação, se você vê que algo concorda com a razão e que conduz ao bem e benefício de todos, aceite-o e viva-o”.

Buda

RESUMO

Este trabalho consiste na comparação por meio de uma revisão bibliográfica entre cinco diferentes métodos de secagem artificiais (*foam-mat*, leito de jorro, *spray dry*, estufa e osmótica), fazendo uma análise sobre cada tipo de secagem, elencando os prós e contras de cada técnica, possibilitando classificá-las de acordo com a região brasileira propícia para o melhor aproveitamento de cada processo. Com o intuito de apresentar a técnica mais vantajosa para cada região e para diferentes matérias primas, demonstrando que, mesmo se tratando de processos que possuem objetivos semelhantes (secagem do produto), estas se diferem na aplicação das técnicas de atuação para o qual o processo será aplicado. Conhecendo os processos e suas particularidades, bem como suas especificidades, é possível escolher o mais adequado à realidade local em função do que se deseja secar. Com isso, aumenta-se a vida útil do alimento, reduz-se gastos com o armazenamento e transporte, minimizando os desperdícios. Por meio da análise bibliográfica se tornou possível a obtenção de dados e assim a comparação dos resultados. Os quais revelaram as particularidades de cada processo, tornando possível se compreender qual região seria mais propícia, o que diferencia e assemelha um processo do outro, suas vantagens e desvantagens e para quais materiais específicos são melhor aproveitadas.

Palavras-chave: Tipos de secagem. Conservação de alimentos. Regionalização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espuma estável resultante da adição de agentes espumantes	26
Figura 2 - Desidratação até a massa permanecer constante.....	26
Figura 3 - Pulverização do material seco.....	27
Figura 4 - Processo de um leite fluidizado	29
Figura 5 - Diagrama esquemático do <i>spray dryer</i>	31
Figura 6 - Bico de atomizadores do líquido em um secador "spray dryer"	31
Figura 7 - Formação de partícula por secagem pelo método <i>spray dryer</i>	32
Figura 8 – Secador de bandejas em estufa.....	33
Figura 9 - Retirada da água em resultado a adição da solução hipertônica.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais e seus respectivos tempos de secagem	23
Quadro 2 – Etapas e análise para o desenvolvimento do trabalho	25
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens no processo de secagem artificial	37
Quadro 4 – Análise individual quanto aos processos de secagem artificial	37
Quadro 5 – Método de secagem artificial mais adequado para cada região.....	39
Quadro 6 – Método de secagem artificial mais adequado para cada produto	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise da atividade de água e coloração da polpa em pó de caju em diferentes temperaturas obtida por meio da secagem em leito de jorro	30
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEITEC Agência Embrapa de Informação Tecnológica

A_w Índice de atividade de água

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Características gerais da secagem.....	16
2.2	Aspectos históricos da secagem.....	19
2.3	Períodos característicos da secagem	19
2.4	Secagem artificial.....	20
2.5	Secagem de espuma <i>foam-mat</i>	21
2.6	Secagem em leito de jorro	21
2.7	Secagem em <i>spray dry</i>	22
2.8	Secagem por estufa	23
2.9	Desidratação osmótica	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1	Delineamento da pesquisa bibliográfica	25
3.2	Procedimento da secagem de espuma <i>foam-mat</i>	25
3.3	Procedimento da secagem em leito de jorro	29
3.4	Procedimento da secagem em <i>spray dry</i>	30
3.5	Procedimento da secagem por estufa	33
3.6	Procedimento de desidratação osmótica	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Processo de secagem artificial, suas vantagens e desvantagens.....	37
4.2	Regiões do Brasil e o método de secagem artificial mais adequado	38
4.3	Materiais e o método de secagem artificial mais adequado	39

5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A secagem se trata de um método de remoção de água por meio, geralmente, da convecção forçada de aquecimento do ar. Que consiste na transferência de energia entre o material e o ar de secagem. Existe dois tipos de processo de secagem (LASSERAN,1980), o natural que se utiliza do vento ou do sol como fonte principal e o artificial que utiliza como fonte principal o controle das propriedades físicas (PESKE, 1991). Porém apenas o artificial foi a base para este trabalho.

Na desidratação artificial existe diversas técnicas, porém as utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram os processos em camada de espuma (*foam mat*), secagem por atomização (*spray dryer*), secagem em leito de jorro, secagem por estufa e desidratação osmótica.

O método *foam mat* consiste na secagem por espuma. É o método utilizado na desidratação dos alimentos, o qual o suco ou a polpa é transformado em espuma com a junção de aditivos e em seguida sofre desidratação e/ou desintegração até atingir o pó.

O método *spray dryer* é um processo muito utilizado no setor industrial, que faz com que não ocorra degradação do estado químico ou físico do produto.

O método em leito de jorro é uma técnica simples de secagem de um secador de partículas, que fez com que ocorra uma interação partícula – fluido – partícula.

O método de secagem por estufa é um procedimento de retirada de humidade com a proposta de secar o mais rápido possível. Mantendo o aquecimento constante.

O método de desidratação osmótica é um processo em que adiciona sacarose ou cloreto de sódio as frutas para a perda de água e ganho de sólidos.

Tal trabalho se justifica decorrente do conteúdo de humidade presente em um material ser o principal responsável pela deterioração causada por microrganismos, alterações enzimáticas e reações químicas, sendo uma estratégia de conservação e prolongamento da vida útil dos alimentos a secagem destes materiais. Aliando isso a busca pela praticidade, redução dos custos na manutenção e transporte do produto (CANO-CHAUCA et al., 2004), melhorando o aproveitamento da fruta na produção e sendo a técnica apropriada para pequenos e médios agroindustriais, o processo de desidratação artificial de materiais tem ganhado espaço nos últimos anos, se tornando uma alternativa promissora para a indústria.

Ainda, sendo necessário a remoção da água de forma lenta para não ocorrer fermentação durante a secagem, a escolha adequada do método do processo de secagem também depende de cada região (BORÉM, 2008), para apresentar o processo que será mais vantajoso entre os escolhidos para análise.

Com isso, objetivou-se fazer esse estudo comparativo dos tipos de secagem de modo a verificar qual seria mais vantajoso, entre os escolhidos para análise dentre diferentes produtos, gerando como resposta o melhor aproveitamento de cada método, relacionando com a região de análise.

A metodologia utilizada foi a coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica e comparação entre as informações coletadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Características gerais da secagem

A secagem se trata de um processo de remoção da água com o auxílio da corrente de gás, fazendo com que a deterioração microbiológica e o índice de reações de degradação de origem físico-química diminuam, uma vez que reduz a atividade da água do produto, prolongando assim, a disponibilidade e minimizando a perda de valor comercial do material (CANO-CHAUCA et al., 2004). É um processo muito usado na indústria farmacêutica, de alimentos e química, além de ser uma técnica muito antiga, que foi utilizada para a preservação de alimentos pelo homem. Que ao ser comparada aos outros métodos para conservação em longos períodos de tempo (refrigeração e tratamentos químicos), é um processo mais simples e de baixo custo (RONCHETI, 2014).

Os meios de desidratação podem usar o calor para reduzir a massa da água, como pode adicionar solutos (açúcar e sal) para reduzir a disponibilidade da água. Vale destacar que a ação química e enzimática também pode diminuir.

O processo de secagem só acontece se a pressão de vapor do líquido presente no material, esteja maior que a pressão parcial do vapor deste mesmo líquido, estando em fase gasosa (BORDIM, 2017).

Existem duas classificações para o procedimento de secagem para eliminação da água (LASSERAN, 1980). O natural, o qual utiliza meios presentes no ar livre (sol, vento) como era feito antigamente, e o artificial, quando se utiliza fornecimento de energia (PARK et al., 2001), controle das propriedades físicas, tais como, fluxo do ar de secagem e temperatura (PESKE, 1991). Neste trabalho iremos tratar dos métodos artificiais.

Na secagem cada produto terá um tempo e temperatura de desidratação. Sendo qualquer processo lento, mais favorável ao permitir ao material buscar o equilíbrio de umidade. No entanto, o tempo de processo sofre influência das características do ar de secagem. Um ar de secagem com maior umidade absoluta resulta em uma secagem lenta,

enquanto um de menor umidade absoluta, resulta em uma secagem mais rápida, mesmo que possuam velocidade e temperatura iguais. A quantidade ideal de umidade que é adequada para o fim da secagem é 12,5% (BRASIL, 2003). De tal forma interfere também em sua armazenagem.

Uma forma para se calcular a forma mais adequada de armazenamento é: Umidade relativa do ar (%) + temperatura (°C) a qual o resultado tem que ser menor que 55,5 para ser um armazenamento seguro. Superior a este valor, aquele método não será adequado para aquela região.

Processos em velocidade de ar elevada e baixa temperatura, além de gerar taxas de secagem baixa, provocam o desenvolvimento de materiais uniformes e densos, que contenham baixa taxa de reidratação e capacidade inferior. Enquanto taxas elevadas provocam produtos pouco densos, com crosta da superfície, resistentes e maior taxa de reidratação, gerando produtos mais macios. Sendo assim essencial o controle da velocidade de secagem para determinar a textura dos materiais secos. (BORGES et al., 2010).

As características de cada produto referentes as propriedades do ar de secagem e a transferência de calor aplicada, qualificam as medidas de secagem. Porém, existem alguns processos que são comuns a algumas condições de secagem, como a transferência de calor e massa entre o ar de secagem e o produto (PARK et al., 2001).

Para um processo de secagem eficiente é preciso manter espaço entre as amostras em análise, para que ocorra a transferência de calor por convecção, além da retirada da umidade para o exterior do equipamento. Logo, um processo com utilização total do equipamento é inexistente.

Nicoleti, (2001) citados por Silva (2018, p. 4), acreditava que o que influenciava a taxa de secagem eram o ambiente de secagem, as características físicas do produto, o arranjo geométrico, o equipamento utilizado, a superfície de transferência de calor e as características físicas e químicas do produto, que seriam os fatores mais importantes.

Modelos matemáticos segundo a literatura (teóricos, empíricos e semi-empíricos), têm sido utilizados para comparação dos dados experimentais, que tem se mostrado eficiente na escolha correta do tempo de secagem, obtendo uma umidade do produto que se espera. Fazendo o material ter melhor qualidade, mostrando assim uma relevância importante na prática, restringindo a necessidade de diversos ensaios nos laboratórios (DIONELLO et al., 2009; WUAGHON; PENA, 2008).

Mas a desidratação também pode gerar problemas. Se não executada de forma adequada, a secagem mecânica pode causar agressões térmicas aos produtos.

Aspectos negativos da desidratação em vegetais segundo Labuza (1984) citada por Celestino (2010, p. 33), são: mudança de pigmentos, reação de escurecimento tanto enzimático quanto não enzimático, reação de oxidação de vitaminas e lipídeos. As hortaliças e frutas que sofrem mais mudanças são os não ácidos ou que possuam menor acidez e os ricos em açúcares, lipídios e aminoácidos.

O objetivo da secagem é possibilitar a estocagem por longos períodos de tempo, diminuir a massa do produto, e assim a quantidade para embalo e transporte. Após seco, pode ser acondicionado e conseqüentemente estará disponível por maior tempo se comparado com o produto in natura (ANDREUCCETTI et al., 2007). Reduzindo os custos na manutenção e transporte do material (CANO-CHAUCA et al., 2004). Melhorando o aproveitamento da fruta na produção e sendo a técnica apropriada para pequenos e médios agroindustriais.

Nos produtos agrícolas, tais como sementes, frutos e grãos a desidratação é utilizada para prevenir o desenvolvimento de fungos, insetos e micro-organismos, os quais são responsáveis pela danificação de tais produtos (FIOREZE, 2004; CAVALCANTI-MATA et al., 2006; SILVA, 2008).

Visando a tendência atual do preparo rápido de alimentos que sejam nutritivos e conservação, a desidratação em frutas em estado natural se tornou uma alternativa viável para tal público, além de proporcionar uma maneira diferenciada do consumo da fruta (BEZERRA, 2009). Para tal, diferentes fabricantes utilizam de diferentes técnicas para tentar encontrar o melhor equipamento e processo para a temperatura de secagem, que tenha uma relação de custo/benefício, além de ser menos prejudicial aos materiais.

Muitas indústrias em países desenvolvidos atualmente recusam produtos orgânicos secos em altas temperaturas. Mesmo que estes materiais não tenham redução em nutrientes, apresentam qualidade inferior em relação a cor e textura quando comparados aos secos em baixas temperaturas (FERREIRA, 2004).

Secagens mais imediatas e que tratem corretamente do material são mais caras, mas originam um produto de melhor qualidade. Ao mesmo que secagens de forma parcial ou diferidas são baratas, porém causam danos na qualidade do produto final.

Para calcular a rentabilidade do processo de secagem algumas análises devem ser feitas, tais como a qualidade final do produto seco, o tempo utilizado no processo e a quantidade energética gasta.

2.2 Aspectos históricos da secagem

A preservação de frutas pelo método de secagem é um dos processos mais antigos existentes. Antigamente era utilizado apenas de forma natural, nas regiões as quais as condições climáticas possibilitavam, com principal relato histórico nas regiões do Mediterrâneo onde ocorria a produção de uva-passa (FIOREZE, 2004).

Seguindo ainda pelo raciocínio de Fioreze (2004), o que levou a aprimoração das técnicas de secagem foi a migração da população rural para as cidades, decorrentes da produção dos alimentos ocorrerem em um local e existir a necessidade de os transportar para os locais de consumo, sem que o produto estragasse. Além da necessidade de durabilidade maior nos comércios entre países, o qual os alimentos eram utilizados como moeda de troca.

Posteriormente, decorrente do desperdício de alimentos, com destaque no setor fruticultor, pesquisadores começaram a examinar opções para ajudar aos pequenos agricultores que são prejudicados por essas ocorrências. Com foco em secadores de baixo custo e de boa eficiência, preferencialmente com controle de temperatura, umidade e velocidade do ar de secagem (SOUZA et al., 2012).

Toda via, cada região e cultura buscam adquirir práticas que melhor se enquadrem a sua realidade, para que se gere o melhor aproveitamento possível. Com o decorrer dos anos, as técnicas dos processos de desidratação foram repassadas de geração para geração por meio dos conhecimentos adquiridos, e consequentemente melhorados (FIOREZE, 2004). Como em alguns locais a umidade de colheita é elevada, para que ocorra uma armazenagem segura é necessário a secagem por método artificial. Porém, a mesma tem alto gasto energético.

Na maioria dos sistemas de secagem o ar é utilizado como o meio de entrega de calor para o material ao mesmo tempo em que retira a umidade. Logo, os diferentes tipos de secagem apenas se diferem na forma como a energia e o ar se propagam pelo sistema de secagem.

Na atualidade existe diversas técnicas para a secagem, tais como em camada de espuma (*foam mat*), secagem por atomização (*spray dryer*), em leito de jorro, secagem por estufa, desidratação osmótica, entre outros. Porém apenas esses citados anteriormente farão parte deste trabalho.

2.3 Períodos característicos da secagem

Vários produtos agrícolas quando se encontram em processo de desidratação individual ou em camada delgada, perdem água a uma taxa constante no período inicial do processo e em seguida por um período a uma taxa decrescente (FIOREZE, 2004).

Para Treybal (1980) citado por Rodrigues (2003, p. 66), o procedimento de secagem se dividia em períodos característicos. Inicialmente existe o processo de adaptação do material, em que o mesmo se encontra em estado frio. Conforme a temperatura do sólido aumenta, a taxa de secagem também cresce. A taxa se mantém constante e o sólido apresenta-se com a superfície coberta por uma camada do líquido, formando água não ligada que tem temperatura constante e semelhante a temperatura do bulbo úmido presente no ar. Absorvendo calor, o líquido evapora em taxa constante. Nesta parte do processo a saída de umidade presente no interior para a superfície equipara a perda por evaporação, até que tal procedimento não compense mais. A superfície para de ficar saturada, reduzindo a pressão de vapor superficial e a taxa de secagem. Quando o sólido atinge a umidade de equilíbrio termina o período de taxa decrescente.

2.4 Secagem artificial

A secagem artificial se trata do procedimento em que se utiliza de técnicas que ocorre o aumento da velocidade do processo, com a utilização de secadores. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2012) define a secagem artificial da seguinte forma:

[...] é um processo de remoção de umidade, que implica o uso de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. O ar quente transporta calor para o produto a ser desidratado, promove a evaporação da água nele contida que, em seguida, é liberada para o ambiente (EMBRAPA, 2012).

Tem sido muito utilizada nas empresas de sementes, com destaque no Sul do Brasil. É uma técnica muito vantajosa, mas que precisa ser administrada com cuidado, pois apresenta seus riscos (CARVALHO, 1994; MIRANDA et al., 1999).

As condições de ar de secagem para este processo não são influenciadas pelo clima, o que favorece o procedimento, uma vez que o tempo de processamento é menor e o produto tem qualidade superior. Pois a retirada de vitaminas nos alimentos secos pelo método da secagem artificial, costuma ser maior quando comparada ao dos alimentos secos ao sol (GAVA, 2000).

Segundo Villela (1991), decorrente da capacidade do ar em fornecer calor e na precisão de aumentar a temperatura do ar, a secagem artificial pode se enquadrar em duas categorias; a secagem em baixa temperatura, que se usa o ar natural ou aquecido de 1 a 8°C acima da temperatura ambiente, ou, secagem em alta temperatura, que se refere ao ar aquecido a temperatura igual ou superior a 8-10°C acima da temperatura ambiente.

2.5 Secagem de espuma *foam-mat*

Uma técnica que se destaca na produção de polpa de fruta em pó, sendo a temperatura de secagem, tipo e concentração de estabilizantes importantes para a estabilidade da emulsão resultante, além da qualidade final do material.

Este método foi desenvolvido por Morgan et al. (1961) e sua equipe na Califórnia, EUA, na década de 1950, porém apenas foi patenteado em 1961. Marques (2009) define este processo como uma técnica responsável por uma rápida secagem em alimentos líquidos e alimentos pastosos que segundo Fellows (2006) são transformados em espumas estáveis por meio da incorporação de ar, através de batedeiras ou outro equipamento formador de espuma, com a adição de agentes espumantes ou estabilizantes. Posteriormente a espuma é desidratada e o produto seco é transformado em um fino pó de fácil reidratação como é explicado por Widyastutit e Srianta (2011) citados por Gomes et al. (2017).

Decorrente dos produtos em pó possuem baixa atividade de água, impossibilita o crescimento microbiano, gerando um maior tempo de duração do alimento. Além de manter as características nutricionais da polpa (teor de fenólicos totais e vitamina C). Por isso são muito procurados atualmente pela indústria nacional de alimentos. Além também de reduzirem os custos com embalagens, armazenamento, transporte e conservação (COSTA et al., 2003).

2.6 Secagem em leito de jorro

O leito de jorro é visto positivamente por Araújo et al. (2015) citado por Júnior (2020) decorrente dos seus coeficientes de transferência de calor e massa elevados e distribuição de temperatura de desidratação uniforme.

Uma técnica fácil de secagem de um secador de partículas, dinâmico, que possibilita um contato entre partícula-fluido-partícula-ar de secagem é a secagem pelo método leito de jorro. É um processo que apesar de possuir semelhança com a secagem feita por leito fluidizado, se difere pelo movimento das partículas ser ordenado.

Na literatura é visto por Bezerra et al. (2013) citado por Santos et al. (2015) como um procedimento viável pois produz materiais de alta qualidade e com baixo custo.

Nos últimos anos esse mecanismo tem sido usado principalmente na área agrícola, decorrente da procura por aumento de produtividade de alimentos (ALMEIDA; ROCHA, 2002).

Segundo Gomes et al. (2004) este tipo de secagem tem evoluído muito, substituindo outras técnicas de secagem como o *spray dryer*.

Segundo Medeiros et al. (2001) um dos grandes problemas deste secador é o acúmulo de material, o que acaba por inviabilizar sua utilização na secagem ampla de materiais. Decorrente da composição das frutas ricas em açúcares redutores. Comprometendo o fluido dinâmico do leito e gerando colapso.

2.7 Secagem em *spray dry*

Um processo que é muito utilizado na indústria nos setores químicos, farmacêuticos, alimentício e petroquímico desde o século 20 é a secagem por *spray dry* (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010). Tendo destaque para produtos como sabão em pó e leite em pó em larga escala. Também conhecido por aspersão ou nebulização. É ideal para a secagem de produtos sem que tenha deterioração química ou física do material, podendo existir uma melhora nestas propriedades ao estabilizar o produto líquido de rápidas oxidações ou degradações. Além de apresentar maior concentração de constituintes em atividade biológica no produto.

Segundo Voigt (2000) citado por Souza et al. (2010), para a indústria farmacêutica o processo em *spray dry* é utilizado no desenvolvimento de fitoterápicos (produtos obtidos por meio do processamento de plantas medicinais e seus derivados). Os quais possuem em suas vantagens características decorrente do processo de secagem tais quais, estabilidade química, microbiológica e físico-química, fácil padronização, maior facilidade em manipulação, maior concentração de compostos ativos, segurança na utilização e maior eficácia terapêutica (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

É muito utilizado em suspensão, emulsão, soluções, pasta e para preservação dos alimentos. Sendo um bom aliado na indústria química e alimentícia no desenvolvimento de leite em pó, sucos e sopas instantâneas. Por meio da seleção do secador e da forma de operação, existe várias formas de pó que podem ser resultados segundo Masters (1997) citado por Souza et al. (2010).

Possuindo a vantagem de eliminação de algumas etapas que para outros tipos de secagem são utilizadas.

Algumas das vantagens desta técnica também são, a seleção correta do equipamento tendo em consideração as características pretendidas para o material final, o controle do tamanho e uniformidade das partículas através da manipulação das variáveis do procedimento, é um processo contínuo que pode ser alterado pelas condições de operação sem que necessite de interrupção, é rápido e possui alto rendimento, baixa danificação ao produto, o tornando um processo aproveitável nos produtos termosensíveis, além do procedimento ter custo baixo (MASTERS, 1985).

As características físico-químicas dependem do processo, da formulação e do equipamento. Por sua versatilidade operacional possibilita trabalhar em escala micro-laboratoriais, além de ser visado para a utilização de produtos que tenham sensibilidade ao calor, tais quais materiais de origem biológica.

Porém também possui suas desvantagens; por ser um equipamento de grandes dimensões, precisa de um espaço físico adequado, fazendo seu custo inicial ser alto devido a necessidade de investimento nas instalações. Mas o valor do produto final, torna as desvantagens mínimas (Broadhead et al., 1992).

Para Soares et al. (2005) citados por Oliveira e Petrovick, (2010), produtos secos por este método são procurados decorrente de sua elevada estabilidade química e microbiológica, além da facilidade com transporte e armazenamento.

2.8 Secagem por estufa

A desidratação feita em estufa consiste na retirada da água por meio do aquecimento, sendo muito utilizada em alimentos. É visto como um procedimento convencional. E se trata de um método que ocorre em torno de 3 a 24 horas em temperatura entre 50°C a 200°C (podendo variar de acordo com o alimento) sendo considerado um processo lento, mas que foi desenvolvido visando secar as amostras o mais rápido que fosse permitido. É um método que necessita de estufa, balança analítica e cadinho (onde se coloca a amostra) para ocorrer, por tal, é visto como um procedimento simples e de baixo custo.

A estufa é um modelo perfeito para conservar a temperatura por existir um controle de aquecimento uniforme em todo o equipamento. Possuindo para cada material um tempo específico para ser desidratado, o Quadro 1 representa alguns materiais e tempo necessário para a secagem de tais produtos.

Quadro 1 - Materiais e seus respectivos tempos de secagem

Material	Tempo necessário	Referências
Hortaliças	Seis horas	Celestino (2010)
Grãos	Vinte e quatro horas	Celestino (2010)
Raiz (Yacon)	Meia hora	Padilha (2009)
Solo	Entre dezesseis e vinte e quatro horas	Santos (2011)
Folhagem	Entre quarenta e oito e setenta e duas horas	Melo et al. (2013)

Fonte: A autoria própria (2021)

Existem três tipos de estufas para secagem; simples sem circulação forçada, simples com circulação forçada e renovação de ar forçado e a vácuo.

Fellows (2006) afirmava que decorrente dos operadores de bandejas, na maioria das vezes operarem de forma descontínua, possuindo a desvantagem de não secar uniformemente os matérias (que varia de acordo com a posição), existe a necessidade de alterar as posições

das bandejas durante o procedimento de secagem, para obter a secagem mais uniforme possível.

2.9 Desidratação osmótica

Panades et al. (2008) citado por Silva (2018) define desidratação osmótica como a difusão da água do alimento para a solução e a difusão do soluto da solução osmótica para o alimento. É quando a fruta é imersa em solução de sacarose ou cloreto de sódio para que ocorra a perda de água e o ganho de sólidos. É um método utilizado para técnicas de desidratação, visando aprimorar a qualidade do produto final, além da estabilidade da cor, melhor qualidade na textura, maior concentração em vitaminas, diminuição dos gastos com energia, como também, dispõe a formulação de materiais novos como mencionado por Pani et al. (2008) citado por Silva (2018). É um processo em que a remoção da água acontece sem que ocorra mudança de fase.

É um dos tratamentos mais simples, e se mostra um aliado importante no desenvolvimento de produtos derivados de frutas, com propriedades funcionais e valor agregado como é visto por Torreggiani e Bertolo (2001) citado por Silva (2018).

Para Cruz (1990) se trata de um método capaz de aumentar a vida útil do material e que requer pouco capital de investimento, de tal forma, seria uma opção viável para pequenos e médios agroindustriais.

A fruta seca não possui adição de açúcar comercial em seu processamento, porém frutas em passa contém, se tornando utilizáveis na desidratação osmótica. É um método apropriado para este tipo de processo por acarretar em fatores desejáveis como ganho de sólidos e perda de água principalmente para frutos com baixo teor de sólidos solúveis (Sousa, 2003).

Este procedimento tem se destacado para o pré-tratamento de alguns processos como congelamento, secagem a vácuo ou ao ar. É visto como um método eficiente para a geração de materiais de umidade intermediária (ALMEIDA et al., 2005).

Para Maia (2002), devido o Brasil possuir uma enorme diversidade de frutas e ampla disponibilidade de cana de açúcar, o procedimento de desidratação osmótica é uma ótima opção para o país.

Algumas das vantagens deste processo é o alto custo benefício, reaproveitamento da solução osmótica para gerar vinagre ou aguardente, aumento da vida útil do material, apresentando estabilidade microbiológica em cerca de cento e oitenta dias, além da excelente

aceitação durante o armazenamento como é relatado por Lima et al. (2004) citado por Silva (2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento da pesquisa bibliográfica

Este trabalho se trata de uma pesquisa bibliográfica que tem como embasamento teórico em produções científicas da área de secagem artificial, que para elaboração e desenvolvimento do mesmo, foi feita uma revisão bibliográfica, com uma análise qualitativa.

Durante a observação dos dados foram obtidas informações com relação a aspectos históricos, desenvolvimento do método com detalhamento do passo a passo, exemplificação de produtos favoráveis a utilização de cada método, vantagens e desvantagens dos mesmos.

Em seguida foi detalhado por meio do Quadro 2 as etapas e análises desenvolvidas para este trabalho.

Quadro 2 – Etapas e análise para o desenvolvimento do trabalho

Etapas do estudo	Descrições
Coleta de dados	Os dados coletados foram adquiridos por meio de trabalhos acadêmicos e com o auxílio de sites disponíveis na <i>web</i> .
Análise dos dados	Os dados foram separados para visualização de cada procedimento em sua totalidade, possibilitando uma visão ampla sobre seu funcionamento.
Exemplificação das vantagens	Por meio de uma análise qualitativa se tornou possível tendo em vista as características de cada método analisar os pontos positivos.
Exemplificação das desvantagens	Por meio de uma análise qualitativa se tornou possível tendo em vista as características de cada método analisar os pontos negativos.
Análise de cada método para diferentes regiões	Tendo as vantagens e desvantagens de cada método sendo analisadas, se tornou claro qual seria mais vantajoso ou menos para cada região de acordo com as particularidades das mesmas.
Análise do melhor método para a região nordeste	Se deu maior destaque a região nordeste.

Fonte: Autoria própria (2021)

As etapas dos processos de secagem de espuma *foam-mat*, em leito de jorro, em *spray dry*, por estufa e desidratação osmótica, procedimentos estudados nesta revisão bibliográfica serão explicados nos tópicos posteriores.

3.2 Procedimento da secagem de espuma *foam-mat*

Para Travaglini et al. (2001) a secagem por espuma possui três etapas. A primeira se trata da mudança da consistência líquida da polpa para uma espuma estável, por meio da adição de agentes espumantes (Figura 1). A segunda é a desidratação do material em camada fina, até a massa constante (Figura 2). E por fim, a terceira é a pulverização do material seco em escamas e pó (Figura 3).

Figura 1 - Espuma estável resultante da adição de agentes espumantes



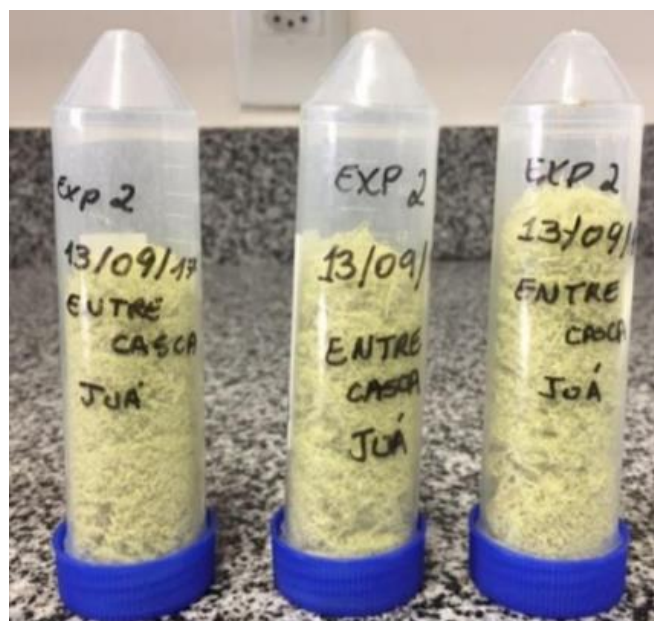
Fonte: Vasconcelos (2017)

Figura 2 - Desidratação até a massa permanecer constante



Fonte: Vasconcelos (2017)

Figura 3 - Pulverização do material seco



Fonte: Vasconcelos (2017)

Conforme o agente espumante é inserido, uma quantidade superior de ar é adicionada resultando em uma densidade final da espuma inferior. Mas existe um limite para a adição do aditivo, uma vez que acima do limite aceito, a espuma ficará instável. Este processo de instabilidade também ocorre quando se utiliza tempos longos de agitação para a formulação da espuma. Por isso, segundo Van Arsdel (1964) citado por Silva (2016) é necessário estar atento a densidade da espuma obtida, já que o valor mínimo deve ser de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo tem que estar entre $0,5 \text{ g/cm}^3$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$.

Para Dantas (2010), o ideal para este procedimento de secagem é uma expansão de espuma superior a 100%.

O processo em secagem de espuma pode ser realizado em temperaturas em torno de 70°C ou menos, que são consideradas temperaturas baixas, mas que mantém a qualidade boa e a estabilidade alta dos produtos como, café, sucos de laranja, uva, *grapefruit*, banana, batatas, carambola, abacaxi, coco, alimento para crianças, ameixa, sopa, leites, cremes, maçã, ovos, tamarindo, acerola, tomate entre outros produtos testados (SILVA et al., 2005). E utiliza menos tempo de secagem decorrente da elevada área de contato exposta ao ar aquecido, que facilita na retirada da umidade. É uma técnica muito utilizada em sucos de fruta segundo Karim e Wai (1999) citadas por Simões (2017).

Para que a cinética das emulsões sejam estáveis e homogêneas, é preciso a utilização de surfactantes (substâncias que possuem porções hidrofóbica e hidrofílica). Os agentes emulsivos diminuem a tensão interfacial (FORMARIZ et al., 2004).

Kudra e Ratti (2006) citadas por Silva (2016) defendiam que as espumas as quais não colapsarem ao menos pelo período de uma hora em temperatura ambiente são ditas como estáveis por todo o processo.

Para Brygidyr et al. (1977), e Bastos et al. (2005) uma grande estabilidade da espuma porosa, gera maior remoção de água. O que é considerado uma vantagem deste método quando comparado aos outros de desidratação. Call e Aguiar (1999) como também, Evangelista (1998) afirmavam que os estabilizantes possibilitam manter as características físicas de emulsões e suspensões. Sendo possível atuar como espessantes.

A adição de emulsificante no produto segundo Apenburg (1971) tem o intuito de aumentar a área de secagem, decorrente da movimentação da umidade por meio da capilaridade gerada pela divisão da camada líquida pela espuma.

No estudo de Thuwapanichayanan et al. (2008) citado por Silva (2016), na obtenção de banana em pó por secagem em camada de espuma, o autor constatou que a densidade da espuma, a temperatura e a concentração do agente espumante não proporcionam grande influencia no processo de desidratação.

Apenburg (1971) afirmava que o produto desenvolvido pelo procedimento *foam-mat* teria qualidade semelhante com os de secagem por liofilização ou a vácuo, favorecendo o baixo custo de processamento, além da boa retenção aromática, sabor e fácil reconstrução em água. Podendo o processo ser desenvolvido em vários equipamentos, descontínuos, contínuos ou simples, ainda sendo possível utilizar gás inerte se preciso.

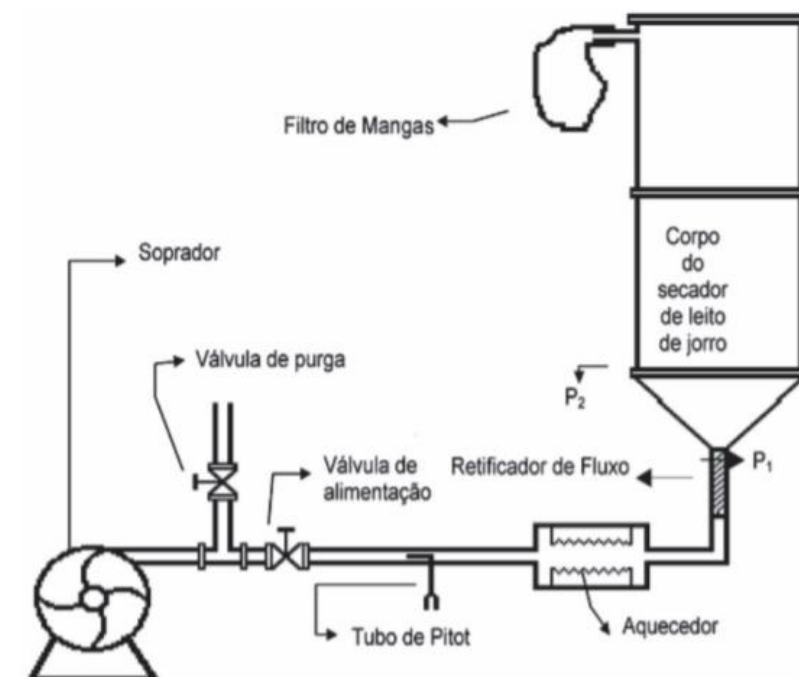
Maior parte dos autores que estudaram a cinética do processo *foam-mat* afirmam que a secagem acontece em taxa decrescente, sendo precedida ou não de um período de taxa constante.

Decorrente da alta porosidade e permeabilidade ao ar da espuma, a secagem da polpa na camada de espuma é acelerada. A compreensão da cinética de estabilidade da espuma à temperatura ambiente é essencial para a definição dos métodos utilizados nos experimentos relacionados ao intervalo de tempo entre o preparo e o início da secagem da espuma. Em condições de aquecimento, a cinética de estabilidade permite avaliar a retenção da estrutura da espuma ao longo do processo.

3.3 Procedimento da secagem em leito de jorro

O procedimento consiste em o ar quente atravessar o leito onde se encontra o alimento sólido, e decorrente de sua alta velocidade o ar quente fluidiza o produto. Gerando um alimento seco, homogêneo e de forma rápida, que suporta danos mecânicos. Na Figura 4 é possível observar este processo.

Figura 4 - Processo de um leito fluidizado



Fonte: Dias et al. (2000)

O equipamento do procedimento em leito de jorro consiste em uma região central, um canal de transporte das partículas, uma região de jorro que é onde se localiza a fonte, onde as partículas secam em suspensão e por fim, uma região anular (deslizante) onde as partículas secam pelo atrito. É um equipamento que possui fácil manutenção, é barato e pode ser desenvolvido por pequenos produtores. Porém apenas pessoas treinadas podem operar com este equipamento.

É utilizado neste processo produtos em suspensão, sólidos ou pastas. Em sua tese Santos et al. (2015) afirma ser uma opção válida para obtenção da polpa de caju em pó, em um pó produzido a 70°C.

Ferrari et al. (2012) acreditava que a utilização de temperaturas superiores geraria uma transferência de calor maior para as partículas, fazendo assim ocorrer uma maior evaporação de água do produto, originando um produto de umidade mais baixa.

Para Tang e Yang (2004) citados por Santos et al. (2015) a_w menor que 0,6 reduz a deterioração de produtos em pó decorrente da ação dos micro-organismos e reações bioquímicas.

Alguns autores como Badrie e Mellowers (1991) citados por Santos et al. (2015) acreditavam que o aumento da temperatura de desidratação fazia com que a cor aumentasse a intensidade, enquanto níveis maiores de umidade resultassem em produtos mais claros, fazendo com que exista menos possibilidade de caramelização. Porém na Tabela 1 obtida na tese de Santos et al. (2015) comprova a irrealidade de tais afirmações.

Tabela 1 – Análise da atividade de água e coloração da polpa em pó de caju em diferentes temperaturas obtida por meio da secagem em leito de jorro

(°C)	Atividade de água (a_w)	Luminosidade (L^*)	Cromaticidade a^*	Cromaticidade b^*
50	$0,318 \pm 0,001^a$	$68,13 \pm 0,09^c$	$2,57 \pm 0,04^a$	$29,79 \pm 0,09^a$
60	$0,310 \pm 0,000^b$	$75,71 \pm 0,12^b$	$1,51 \pm 0,09^b$	$29,27 \pm 0,14^b$
70	$0,308 \pm 0,000^c$	$82,38 \pm 0,06^a$	$-0,55 \pm 0,04^c$	$20,22 \pm 0,04^c$

Fonte: Adaptado de Santo et al. (2015)

Para Santos et al. (2015) as polpas em pó dos produtos obtidos em maior temperatura tiveram menor intensidade de cor, mesmo que apresentassem umidade menor. Como é possível ser analisado na Tabela 1, a temperatura maior (70°C) existe variação maior da luminosidade quando comparada a temperatura menor (50°C), resultando em uma luminosidade menor.

3.4 Procedimento da secagem em *spray dry*

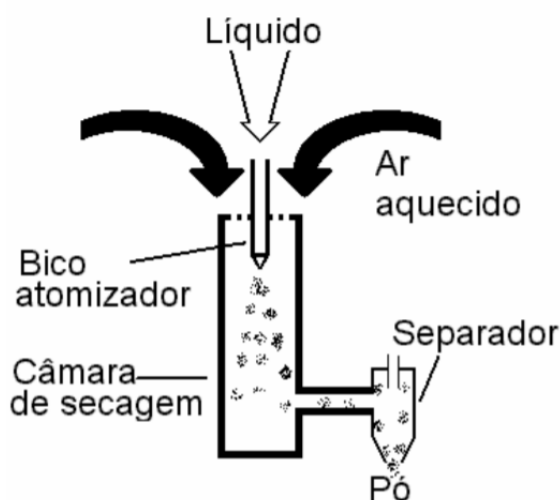
A aspersão existe em modelo de laboratório e em modelo industrial. O de laboratório conta capacidade evaporativa entre 1 a 3 litros por hora e possui dimensões de 1m x 5m x 2m de altura. Enquanto o industrial tem capacidade evaporativa de 20 litros/hora a 13 mil litros por hora e possui dimensões de 15m x 15m x 25m de altura.

A LabMaq, (2003) relata a composição por aspersão por um padrão constituído:

O conjunto que compõe um equipamento do tipo “*spray dryer*” padrão é constituído de: 1) Sistema de atomização do material; 2) Sistema de aquecimento e controle de temperatura do ar de secagem; 3) Sistema de bombeamento e controle de vazão da alimentação de material a ser seco; 4) Sistema da alimentação de ar para secagem; 5) Câmara de secagem e 6) Sistema de separação ar - pó seco (LabMaq, 2003).

Na Figura 5 é possível observar o diagrama esquemático da configuração básica deste processo.

Figura 5 - Diagrama esquemático do *spray dryer*



Fonte: LabMaq (2003)

O procedimento de secagem por esta técnica ocorre de três formas, primeiramente o fluído é organizado como gotas por bicos atomizadores (Figura 6), gerando uma área superficial, em seguida ocorre a pulverização do produto dentro da câmara sujeitando-o a uma corrente controlada de ar quente, fazendo com que ocorra o processo de vaporização dos solventes, resultando na separação de forma rápida dos sólidos e solúveis presentes com a mínima degradação possível durante o processo, e por fim, recupera-se o produto em pó como é explicado por Rankell et al. (2001) citado por Oliveira e Petrovick, (2010). Este processo pode ser observado na Figura 7.

Figura 6 - Bico de atomizadores do líquido em um secador "spray dryer"



Fonte: Spray process (2020)

Figura 7 - Formação de partícula por secagem pelo método *spray dryer*



Fonte: Adaptada de Cao et al.,(2000)

Em condições contínuas acontece a secagem, em temperatura pouco maior à temperatura de bulbo úmido do ar. As gotículas que são evaporadas originam uma camada externa de material seco. Nesta camada o líquido que se mantém dentro da gota é espalhado para fora. Decorrente da elasticidade e da permeabilidade da crosta, diferentes materiais secos são produzidos, como esferas com superfícies imperfeitas ou fragmentadas, sólidas ou ocas (RANKELL et al., 2001).

Para Masters (1985) citado por Oliveira e Petrovick, (2010), decorrente do custo do seu processo, deve operar com o máximo de teor de sólidos, tornando possível se utilizar de forma adequada o calor.

Um dos parâmetros mais importantes é a temperatura do ar de entrada, que determina a quantidade de produto obtido, uma vez que facilita o processo de secagem, reduzindo a tensão superficial e a viscosidade, tornando melhor a formação de gotículas (SOARES, 2002). A temperatura adequada deve estar acima do ponto de ebulição do solvente.

Para conseguir a densidade melhor para o pó, é preciso conhecer a influência dos parâmetros do processo em detrimento ao tamanho da partícula, além da distribuição dimensional. Já que esses fatores são relacionados a proporção das gotículas que serão

formadas no processo em *spray dry*. Logo, uma análise do tamanho das partículas vai permitir controlar as propriedades do pó de melhor forma como é explicado por Broadhead et al. (1992) citado por, Oliveira e Petrovick, (2010).

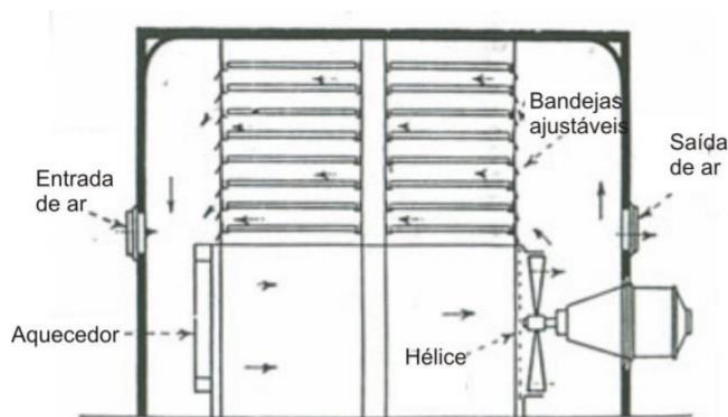
3.5 Procedimento da secagem por estufa

O processo é citado por Dias (2013, p. 31) da seguinte forma:

A transferência de calor em estufas ocorre por meio da convecção, através da troca de calor entre um fluido e um sólido. Assim, o ar, aquecido por uma fonte de energia, transfere calor para a superfície sólida do produto a ser seco. O gradiente de temperatura entre esta superfície aquecida e o centro do material provoca, então, a troca de calor entre estas duas regiões, agora por condução térmica. Esse processo é o mesmo que se observa em fornos domésticos a gás, onde grande parte do calor gerado é inicialmente utilizada no aquecimento do ar e das paredes de dentro do forno. (Dias, 2013, p. 31).

Para Fellows (2006), neste secador o material é disposto em bandejas para serem expostos a uma corrente de ar quente em ambiente fechado, ocorrendo a secagem através da exposição ao ar quente que circula a superfície do produto em velocidade alta, assim aumentando a eficiência da transmissão de calor como é observado na Figura 8.

Figura 8 – Secador de bandejas em estufa



Fonte: Dias (2013)

A exatidão do procedimento vai depender da temperatura de secagem, do número, tamanho e posição das amostras, além da formação de crosta na superfície. Quanto menor as partículas, facilitará a evaporação da água dos materiais.

As estufas que possuem ventilação forçada de ar quente segundo Costa (2005) possuem uma cabine que contém parede dupla e isolamento térmico entre elas. Na câmara de secagem tem apoio para as bandejas onde os materiais são desidratados. Dependendo do produto a ser secado se pode calcular a distância e a dimensão entre as bandejas. E a

velocidade de secagem para Ferreira (2004), vai depender das características do produto, além das propriedades termodinâmicas do escoamento de ar de secagem. Possuindo em produtos pequenos maior velocidade de secagem quando comparados a produtos maiores.

Segundo Dias (2013, p. 34) alguns fatores que devem ser considerados no processo de secagem por estufa são: “a) Temperatura de secagem; b) Umidade relativa e movimentação do ar dentro da estufa; c) Vácuo da estufa; d) Tamanho das partículas e espessuras da amostra; e) Número e posição das amostras na estufa; f) Formação de crosta seca na superfície da amostra;”.

Métodos para análise de umidade dos corpos de prova são diretos e indiretos. Em métodos diretos a água sai por meio do aquecimento, sendo a quantidade de água calculada pela diferença do peso da amostra inicial e final. A diferença será a quantidade de água que saiu. Por tal, é um método com maior confiabilidade, sendo empregados como padrões para a medição de outros processos, tais como infra-vermelho e *Karl Fisher* (Valentini et al., 1998).

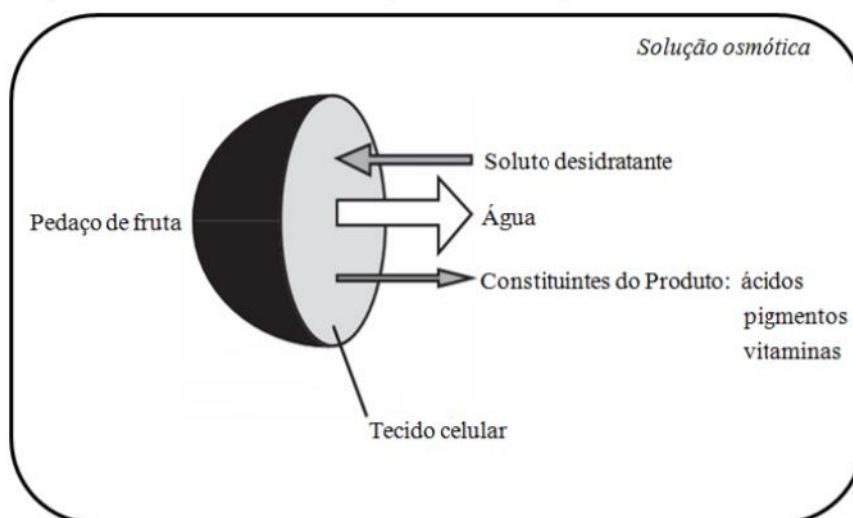
3.6 Procedimento de desidratação osmótica

De acordo com a Revista Cultivar (2021);

A solução osmótica é preparada com água potável e açúcar refinado comercial, suficiente para obter 60° Brix. A essa solução pode ser adicionado sulfito de sódio na concentração de 2% para evitar o escurecimento enzimático. Os frutos são adicionados à solução, com temperatura ajustada para 30° C, numa relação solução osmótica: frutos de 4:1. Os frutos ficam submersos na solução por 4 horas, e, após esse tempo, os frutos são conduzidos imediatamente para a secagem artificial, com a temperatura de secagem ajustada para 70° C, nas primeiras duas horas, e 60° C, no restante do tempo de secagem. Recomenda-se um secador de bandeja com circulação de ar na velocidade entre 1 e 3 m/s. A determinação do ponto final da secagem deve ser avaliada pelo produtor, mas varia de 20 % a 25 %. (Revista Cultivar, 2021).

Pokharkar e Prasad (1997) citados por Silva (2018) afirmavam que desidratação osmótica ocorre na retirada parcial da água do material, gerada pela pressão do alimento, em contato com uma solução hipertônica de soluto, diminuindo assim a atividade da água, aumentando a estabilidade e controle do pH. Este procedimento é mostrado na Figura 6.

Figura 9 - Retirada da água em resultado a adição da solução hipertônica



Fonte: Carvalho (2011)

O processo de agitação na desidratação osmótica diminui os efeitos da resistência externa na transferência de massa. Ocorre simplificação da força motriz da retirada da água a diferença de pressão osmótica pelos meios. E garante a renovação da solução desidratante, diminuindo a ocorrência de formação de pontos de saturação de soluto em volta do alimento imerso como é explicado por Antonio et al. (2008) citado por Carvalho (2015).

A relação entre métodos de desidratação osmótica e secagem vem sendo apontadas como opções econômica e segura para garantir a conservação de produtos alimentícios, ainda possibilitando materiais com melhor qualidade quando comparados a materiais desidratados convencionalmente (BRANDÃO et al., 2003). Uma vez que em conjunto, reduz o tempo de secagem do material, quando comparado ao método de secagem sozinho.

A utilização da desidratação osmótica antes da secagem artificial ou natural diminui gastos com relação ao tempo e a energia (Azeredo, 2012).

A sacarose é um perfeito propulsor osmótico, utilizando a desidratação osmótica como etapa antecessora ao procedimento de secagem para precaução ao escurecimento enzimático, como também a perda de sabor e de nutrientes (SHIGEMATSU et al., 2005).

Uma vantagem vista por Quintero-Ramos et al. (1993) citado por Rodrigues (2003) é que é promovido uma proteção adversa aos efeitos do calor e da oxidação enquanto ocorre o processo de secagem de fatias de maçã por meio do pré-tratamento osmótico. Foi observado também que as fatias apresentam menor encolhimento quando comparadas as maçãs in natura.

Para se saber a eficiência do processo osmótico é necessário fazer uma relação entre a perda da água e a incorporação de sólidos, quanto maior a razão, melhor a eficiência (SCHMIDT et al., 2008).

A pré-desidratação osmótica consiste na tentativa de minimizar os efeitos que aparecem no material ao sofrerem secagem por ar quente, segundo Del Valle et al. (1998) citado por Carvalho (2015). Diminuindo as alterações físicas e químicas do produto, gerando um produto de boa característica sensorial, além de um bom teor de umidade intermediário segundo Herrera et al. (2001) citado por Silva (2018).

Alguns dos fatores que influenciam a qualidade final do material acometido de desidratação osmótica são; permeabilidade do tecido relatado por Moreira e Sereno (2003) citado por Rodrigues (2003), concentração e o tipo do agente osmótico (PARK et al., 2001), além da temperatura e do tempo de procedimento relatado por Torreggiani, (1993) citado por Carvalho (2015).

Um estudo desenvolvido com filés de dourada (*Sparus aurata*) por Tsironi e Taoukis (2014) citado por Carvalho (2015), em que se utilizou tratamento com e sem adição de 50% de maltodextrina e 5% de NaCl, além de outras aplicações de outros métodos de conservação posteriormente, na pesquisa de concluiu que amostras com pré-tratamento osmótico antecedido da refrigeração propiciam melhor estabilidade no período de armazenamento com relação ao desenvolvimento microbiano, degradação sensorial e alterações químicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Processo de secagem artificial, suas vantagens e desvantagens

Por meio da pesquisa de estudo foi possível comprovar que como em qualquer processo, e não seria diferente com a secagem, existe o lado positivo e o lado negativo que os compõe. E com os dados coletados por meio das informações adquiridas, foi possível a elaboração do Quadro 3, o qual descreve apenas as análises para a secagem artificial em geral, para melhor comparação sobre este método.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens no processo de secagem artificial

Tipo de secagem	Vantagens	Desvantagens
Secagem artificial	Praticidade; Maior capacidade de armazenagem; Mais nutritivo; Processo econômico (baixo custo); Sem necessidade de mão de obra qualificada; Baixo custo de armazenagem; Redução de perdas pós colheita; Aumento do processo de validade.	Prejudica a qualidade nos aspectos sensoriais e nutricionais; Custo elevado na construção (dependendo do método); Maior risco de incêndio; Alteração da cor e textura; Pode gerar tratamento desigual aos materiais; Pode gerar danos mecânicos.

Fonte: Autoria própria (2021)

De forma geral, as vantagens muitas vezes se sobressaem as desvantagens, porém caberá a quem optar por trabalhar com esse método, o julgamento da viabilidade e eficácia deste processo.

Por meio do Quadro 4 será analisado as vantagens e desvantagens de cada método artificial.

Quadro 4 – Análise individual quanto aos processos de secagem artificial

Tipo de secagem	Vantagens	Desvantagens
Método Secagem em <i>spray dry</i>	Estabilidade química, microbiológica e físico-química; Fácil padronização; Maior facilidade em manipulação; Maior concentração de compostos ativos; Segurança na utilização; Maior eficácia terapêutica; Eliminação de algumas etapas que para outros tipos de secagem são utilizadas; O controle do tamanho e uniformidade das partículas através da manipulação das variáveis do	Equipamento de grandes dimensões; Precisa de um espaço físico adequado; Custo inicial alto.

	procedimento; É um processo contínuo; É rápido e possui alto rendimento; Baixa danificação ao produto; Custo baixo.	
Método por estufa	Procedimento simples; Baixo custo; Conserva a temperatura.	Não seca uniformemente os matérias; Precisa-se alterar as posições dos produtos.
Método osmótico	Alto custo benefício; Reaproveitamento da solução osmótica; Aumento da vida útil do material; Apresenta estabilidade microbiológica; Excelente aceitação durante o armazenamento.	Alterações na qualidade organoléptica e nutricional do produto.
Método <i>foam-mat</i>	Gera maior remoção de água; Maior qualidade no sabor do produto final; Maior rendimento do processo. É simples; Rápida; Baixo custo operacional; Possibilita o uso de temperaturas mais baixas durante a secagem; Melhor reidratação.	Reduz superfície de secagem.
Método <i>leito de jorro</i>	Técnica fácil; Procedimento viável; Materiais de alta qualidade;	Acúmulo de material; Inviável para a secagem ampla de materiais.

Fonte: Autoria própria (2021)

Para a escolha do melhor método a ser empregado, vai depender do produto escolhido para ser desidratado, do orçamento com relação aos gastos, dos objetivos pretendidos, das considerações que podem ser descartadas, uma infinidade de questões. Uma vez que cada tipo de secagem artificial tem suas particularidades, sendo necessário uma análise criteriosa e cuidadosa para a escolha do método mais adequado o qual seja conveniente para os objetivos buscados. Mas independente da técnica escolhida é necessário existir um planejamento inicial para se estimar o custo do processo. Que caberá ser considerado por aqueles os quais optem por se utilizar da secagem artificial.

4.2 Regiões do Brasil e o método de secagem artificial mais adequado

É de essencial importância se compreender a prática de secagem artificial que melhor se adequa a lavoura de uma determinada região, para assim gerar mais ganhos. Porém para tal, é preciso ter consciência da umidade e temperatura ideal para se trabalhar com os produtos. Tal que depende da região de localidade da unidade e da forma a qual será armazenada.

Para cada região e para cada tipo de aplicação se existe o sistema mais adequado, assim, não existirá uma fonte ideal de calor.

Logo, se torna compreensível que a decisão de qual tipo de método se optar é de alta complexidade.

Vale salientar que o melhor método é o qual atende as características gerais de cada região, tanto para o produtor, quanto para o produto final. Para tal, tendo em vista o conteúdo deste trabalho, no Quadro 5 especificará entre os métodos citados durante este trabalho qual se adequa para cada região do Brasil.

Quadro 5 – Método de secagem artificial mais adequado para cada região

Método	Região	Motivo
Desidratação osmótica	Norte e Centro-Oeste	Método com destaque para pequenos e médios agroindustriais.
<i>Foam-mat</i>	Sudeste	Método com destaque na indústria de alimentos.
Leito de jorro	Sul	Método com destaque na agricultura.
<i>Spray dry</i>	Sul e Sudeste	Método com destaque na indústria química, farmacêutica, alimentícia e petroquímica.
Estufa	Nordeste	Método com destaque na secagem de frutas.

Fonte: Autoria própria (2021)

Logo, cada método dos relatados durante todo o trabalho, com suas particularidades, se destacaram em algum aspecto para determinação da melhor região a qual se adequariam de melhor forma. Decorrente de suas características já ressaltadas e particularidades, foi possível se completar o Quadro 5 e analisar de melhor forma cada processo.

4.3 Materiais e o método de secagem artificial mais adequado

Cada tipo de processo de secagem artificial (para seu melhor aproveitamento), possui alguns materiais que melhor se qualificam para tais processo e por meio das informações abordadas foi possível desenvolver, para melhor compreensão, o Quadro 6, o qual relata o tipo de método utilizado e produto adequado. Conforme foi mostrado anteriormente.

Quadro 6 – Método de secagem artificial mais adequado para cada produto

Método	Produto
<i>Foam-mat</i>	Alimentos líquidos; Alimentos pastosos.
Leito de jorro	Área agrícola; Produtos em suspensão; Produtos em sólidos; Produtos em pastas; Polpa de fruta em pó.
<i>Spray dry</i>	Setor químico; Setor farmacêutico; Setor alimentício; Setor petroquímico; Sabão em pó; Leite em pó Sucos instantâneos; Sopas instantâneas.

Estufa	Hortaliças; Grãos; Raiz (Yacon); Folhagem; Solo; Frutas.
Osmótica	Frutas; Filés de dourada.

Fonte: Autoria própria (2021)

Analisando o Quadro 6 é possível compreender que mesmo se tratando de métodos semelhantes que até estão presentes em um mesmo grupo de designação, cada um possui suas características e conseqüentemente para desenvoltura das mesmas, existem materiais que melhor se enquadram a uma técnica específica (mesmo que em alguns casos, alguns produtos se assemelhem em métodos diferentes), para gerar melhor resultados. Que é o que se é buscado no fim do processo.

5 CONCLUSÃO

Na busca de compreender a secagem artificial e alguns métodos que a compõem, fazendo uma análise comparativa e ressaltando as vantagens e desvantagens de cada procedimento, foi possível se compreender o processo de abordagem de cada secagem, assim como a representação de tais.

A secagem artificial em si é composta de diversas vertentes. Se originou de um ambiente a qual se existia a necessidade de melhoria para a secagem natural. E posteriormente o método se difundiu originando seus derivados. Tais quais que apesar de possuírem os mesmos objetivos gerais, se diferenciam um do outro por sua abordagem ou desenvolvimento. Mesmo os quais se aproximam muito, são representantes de uma melhoria necessária imposta pela necessidade humana.

O método *foam-mat* tem destaque na produção de polpa em pó, e é uma técnica que possui destaque em alimentos líquidos e pastosos. Atualmente é muito procurado pelas indústrias nacionais de alimento, por isso que é um processo visado para a região Sudeste. Onde se localiza a maior porcentagem das indústrias alimentícias brasileiras.

O método leito de jorro é referenciado como uma técnica fácil que tem maior destaque na área agrícola, sendo um processo viável também para pequenos produtores. É uma técnica que nos últimos anos vem substituindo o *spray dry*. Sendo voltada para a agricultura tem destaque para a região Sul do Brasil onde se encontra tal prática com maior incidência.

O método *spray dry* tem destaque na indústria química, farmacêutica, alimentícia e petroquímica, por tal terá maior destaque na região Sul e Sudeste, as quais abrangem em totalidade tais técnicas. É um processo bastante procurado para materiais com sensibilidade ao calor, tais quais de origem biológica.

O método em estufa é considerado um processo de baixo custo por necessitar de baixo investimento. Tem destaque no desenvolvimento de produtos derivados de fruta e decorrente do Nordeste ser atualmente uma região com destaque na produção de frutas, fato que é de conhecimento geral.

O método de desidratação osmótica é voltado para produção de produtos em passa, além de ser uma técnica simples. E por tal, se torna viável para pequenos e médios agroindustriais que possui maior destaque na região Norte e Centro-Oeste.

Os desafios gerais encontrados para a elaboração deste trabalho foram principalmente referentes a coleta de dados de alguns dos métodos de secagem, os quais tiveram menos

informações, quando comparados aos outros. Com relação a informações específicas para análise desejada.

Logo, este trabalho concretizou o objetivo geral o qual era comparar as secagens artificiais de modo a classificar os pontos positivos e negativos, de modo a compreender qual método será mais vantajoso para cada região de forma a garantir o melhor aproveitamento tanto da técnica, quanto do produto.

REFERÊNCIAS

- AGEITEC. **Secagem e desidratação**. 2012. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html. Acesso em: 10 ago. 2021.
- ALMEIDA, C.; ROCHA, S. C. S. Fluidodinâmica de sementes de brócolos em leito fluidizado e leito de jorro. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 645-652, 2002.
- ALMEIDA, F.A.C. *et al.* Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.576-584, 2005.
- ANDREUCCETTI, C. *et al.* Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**. v. 25, n.(1), p. 122-126, 2007.
- ANTONIO, G.A. *et al.* Otimização da desidratação osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. **Brazilian Journal of Food Technology**, Lavras, v.9, p.135-141, 2008.
- APENBURG, O. R. O. **Desidratação do côco pelo processo foam mat (côco em pó)**. 1971. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 1971.
- ARAÚJO, A. D. A. *et al.* Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94 p. 565-571, 2015.
- AZEREDO, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. **Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 2, 195 p. 2012. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00052480.pdf>. Acesso em: 18 Jun. 2020.
- BADRIE, N.; MELLOWES, W. A. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 5, p. 1334-1337, 1991. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb04766.x>. Acesso em: 18 Jun. 2020.
- BASTOS, D.S. *et al.* Desidratação da polpa de manga “tommy atkins” utilizando a técnica de foam mat drying - avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Braz. Jour. Food Technol**, v.8, n.4, p. 283- 290, out./dez. 2005.
- BEZERRA, C. V. *et al.* Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n. 1, p. 241-249, 2013.
- BEZERRA T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- BORDIM, J. **Aproveitamento tecnológico de farinhas obtidas a partir dos subprodutos do albedo de maracujá e do resíduo da extração do suco de carambola na formulação de**

barra de cereais. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

BORÉM, F. M. **Pós -colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008, p. 631.

BORGES, S.V. *et al.* Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.605-612, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000300006>. Acesso em: 1 fev. 2021.

BRANDÃO, M. C. C. *et al.* Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.25, n.1, p. 38-41, 2003.

BRASIL. **Instrução normativa Nº 8, de 11 de junho de 2003**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view>. Acesso em: 05 jan. 2021.

BROADHEAD J, Edmond Rouan SK, Rhodes CT. The spray drying of pharmaceuticals. **Drug Dev Ind Pharm** v.18, p.1169-1206, 1992.

BRYGIDYR, A. M.; RZEPECKA, M. A. MCCONNEL, M. B. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Montreal, v. 10, n. 4, p. 313-319, 1977. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0315546377735539>. Acesso em: 02 out. 2020.

CALL, R. M.; AGUIAR, J. Aditivos nos alimentos. **ENCONTRO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS DA UNOPAR**. São Paulo, 139p, 1999 Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/12611/1/ADITIVOS%20APLICADOS%20EM%20ALIMENTOS.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

CANO-CHAUCA, M. et al., Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, p. 121-132, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1184/985>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CAO XQ, Vassen R, Schwartz S, Jungen W, Tietz F, Stöever D 2000. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. **J Eur Ceram Soc** 20: 2433-2439.

CARVALHO, L. A. **Processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva do filé de pirarucu (Arapaima gigas)**. 2015. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

CARVALHO, M. P. S. de. **Construção do protótipo de um sistema osmótico com compensação automática de solução**. 2011. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste do Brasil – UESB, Itapetinga/Bahia, 2011.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M, DUARTE, M. E. M, ALMEIDA, F. A. C. **Secagem de sementes**. In: Francisco de Assis Cardoso Almeida; Maria Elita Martins Duarte; Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata. (Org.). **Tecnologia de armazenagem em sementes**. 1a ed. Campina Grande – PB, Editado pela Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, APPA, v.1, p. 271-370, 2006.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de Secagem de Alimentos: Princípios de Secagem de Alimentos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Planaltina, DF, v. 1, n. 1, p. 1-51, mai./2010.

COSTA, E. C.; **Ventilação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

CRUZ, A. C. **Desidratação de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 207 p.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2010.

DIAS, C. M; MARQUES, W. M; BORGES, S. V; MANCINI, M. C. Efeito da secagem em leito de jorro bidimensional sobre as propriedades físicas e tecnológicas do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 76-79, 2000.

DIAS, L. G. **Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2013.

DIONELLO, R. G.; et al. Secagem de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, p. 232-240, 2009.

DEL VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, Oxford, v.31, n.3, p.191-204, 1998.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de Alimentos. **Ateneu**. São Paulo, 1998.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre, 2a Ed, Editora Artmed, p.608, 2006.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.2, p.157-165, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000009>. Acesso em: 18 Jun. 2020.

FERREIRA, A. G. **Estudo de Viabilidade Técnica da Utilização de uma Chaminé Solar como Secador de Alimentos**. 2004. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

FIOREZE, Romeu. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária, UFPB, 229p, 2004.

FORMARIZ, T.P. *et al.* Biotecnologia de sistemas coloidais aplicável na otimização do efeito terapêutico de fármacos usados no tratamento do câncer. **Infarma**, Brasília, v.16, n.1, p.44-57, 2004. Disponível em: http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/82/i02-infarma_002.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

GAVA, A. J. Princípios de tecnologia de alimentos. **Nobel**. São Paulo, 200 p. 2000.

GOMES, L. D. B. D. C.; ALMEIDA, E. M. D; OLIVEIRA, S. N. D. Cinética de secagem em camada de espuma e caracterização física de acerola em pó. **REVISTA BRASILEIRA DE AGROTECNOLOGIA**, Pernambuco, v. 7, n. 2, p. 178-184, nov./2017. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/5155/4466>. Acesso em: 18 Jun. 2021.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612004000300014>. Acesso em: 18 Jun. 2020.

HERRERA M. *et al.* In press. The role of fruits and insects in the nutrition of frugivorous bats: evaluating the use of stable isotope models. **Biotropica**, v. 33, n. 3, p. 520-528, 2001.

JÚNIOR, Maurício Amormino. Atividades de ensino e de pesquisa em química 2. **Atena Editora**, Belo Horizonte/MG, v. 2, n. 1, p. 1-1, 2020.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, p. 337-343, 1999.

KUDRA, T.; RATTI, C. Foam-mat drying: Energy and cost analyses. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 48, 2006. Disponível em: <https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/48/c0621.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.

LABMAQ DO BRASIL LTDA. **Manual de Operações do Mini-Spray Dryer MSD 0.5 Depto de Engenharia**, 2003.

LABUZA, T. P. Moisture sorption: practical aspects of isotherm measurement and use., St. Paul. **American Association of Cereal Chemists**, 74 p. 1984.

LASSERAN, J.C. Utilização e desempenho de secadores: possibilidades de aperfeiçoamento. **Revista Brasileira de Armazenagem**, Viçosa, MG, v.5, n. 1, p. 50- 80,1980.

LIMA, M. L. P. *et al.* Plasma urea nitrogen (PUN) level and milk production of crossbred cows kept in tropical pasture under rotational grazing. **Rev. Bras. Zootec**, v. 33, n. 6, p. 1616-1626, 2004.

MAIA, G. A., FIGUEIREDO, R. W., SANTOS, P. H. M. Técnica aumenta tempo de conservação da goiaba. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 1, n.4, p 11-12, 2002.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009.

MASTERS, K. Spray Drying Handbook. **George Godwin**, Londres, 4. Ed, 1985.

MASTERS, K. Spray Drying Handbook. **Longman Sci-entific & Technical**, New York, 3 Ed, 1997.

MEDEIROS, M. F. D. *et al.* Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais. Efeitos na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 475-480, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000300018>. Acesso em: 18 Jun. 2020.

MELO, G. W. *et al.* Secagem Rápida de Tecidos de Plantas para Determinação da Matéria Seca1. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Florianópolis/SC, 2013.

MIRANDA, L.C.; DA SILVA, W.R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I. Monitoramento físico. **Pesq agropec bras**, Brasília, v.34, n.11, p.2097-2108, 1999.

MOREIRA, R & SERENO, A. M. (2003). Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. **Journal of Food Engineering**. Ano 57 n. 1, p. 25-31.

MORGAN, A. I. *et al.* Recent developments in foam-mat drying. **Food Technology**. v.15, p. 37 – 39, jan./dez. 1961.

NICOLETI, J. F. **Cinética de secagem e encolhimento de fatias de abacaxi**. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista –UNESP, São José do Rio Preto – SP, p. 85, 2001.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

PADILHA, V. M. *et al.* Tempo de secagem e da atividade de óxido-redutases de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) sob tratamento químico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2178-2184, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/NkqZktVjd6KHfwspGn3WzB/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 set. 2021.

PANADES, G. *et al.* Mass transfer mechanisms occurring in osmotic dehydration of guava. **Journal of Food Engineering**, n. 87, p. 386–390, 2008.

PANI, P. *et al.* Influence of an osmotic pretreatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 105–112, 2008.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. **Estudo de secagem de pêra bartlett (Pyrussp.) em fatias**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000300007>. Acesso em: 21 fev. 2021.

PESKE, S.T. **Secagem de sementes**. Dissertação (Especialização por tutoria a distância) - Universidade Federal de Pelotas, FAEM, Pelotas, 1991.

POKHARKAR, S. M.; PRASAD, S.; DAS, H. A. Model for osmotic concentration of bananas slices. **Journal Food Science andTecnology**, v. 34, n. 3, p. 230-232, 1997.

QUINTERO-RAMOS, A. *et al.* Effect of conditions of osmotic treatment on the quality of dried apple dices. **Aiche Symp**, Series, 89: 108-103. 1993.

RANKELL AS, LIEBERMAN HÁ, SCHIFFMAN RF 2001. Secagem. In: Lachman L, Lieberman HA, Kanig JL. **Teoria e prática na indústria farmacêutica**. Vol 1. Lisboa: Calouste Gulbenkian, p. 83-112.

REVISTA CULTIVAR. **Desidratação osmótica na produção de frutas passa e sulfitação**. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/desidratacao-osmotica-na-producao-de-frutas-passa-e-sulfitacao>. Acesso em: 1 set. 2021.

RODRIGUES, A. E. **Desidratação osmótica e secagem de maçãs: i. Comportamento do tecido em soluções osmóticas ii. Modelagem matemática da difusão**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Faculdade em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP, 2003.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leito de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre - ES, 2014

SANTOS, D. D. C., E. N. A. D. O., J. N. M., A. P. T. R. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Campina Grande/PB, v. 9, n. 2, p. 1875-1887, 2015.

SANTOS, John. Determinação da umidade do solo. **Laboratório de geotecnia e pavimentação**, Santa Catarina, 2011. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/1036/Apostila_Umidade_dos_solos_15816259409124_1036.pdf. Acesso em: 13 set. 2021.

SCHMIDT, F. C.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Efeito da impregnação a vácuo na transferência de massa durante o processo de salga de cortes de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.2, p.366-372, 2008.

SHIGEMATSU, E. *et al.* Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência. Tecnologia. Alimentos.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/21919/S0101-20612005000300024.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 16 ago. 2021.

SILVA, A. C. B. D. Estudos da viabilidade da secagem de polpa de maracujá pelo método foam mat. **Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte**, Currais Novos, 2016. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/824/TCC-ESTUDOS-DA-VIABILIDADE-DA-SECAGEM-DA-POLPA-DE-MARACUJ%C3%81-PELO-M%C3%89TODO-FOAM-MAT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 set. 2020.

SILVA, A. D. S. **Estudo da influência da desidratação osmótica na secagem de fatias de abacaxi**. 1. ed. 2018.

SILVA, Juarez de Sousa. Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas. **Secagem e secadores**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, p.109-146, 2008.

SILVA, R. N. G. *et al.* Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Revista Ciência Rural**, n.5, v.35, 2005.

SIMÕES, Thiago Batista. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) das folhas do mastruz (Chenopodium ambrosioides L.)**. 2017. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal da Paraíba-UEPB, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13464/1/TBS01122017.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2020.

SOARES LAL. **Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de Maytenus ilicifolia Mart. ex Reissek - Celastraceae. Desenvolvimento tecnológico de produtos intermediários e final**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOARES LAL. *et al.* Dry granulation and compression of spray-dried plant extracts. **AAPS Pharmsci**, v. 6, p. 359 – 366, 2005.

SOUSA, P. H. M. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 414-416, 2003.

SOUZA, A. V. D. *et al.* Aplicação da secagem por spray drying para a produção de extratos vegetais secos. **Revista científica UNILAGO**, São José do Rio Preto, 2010. Disponível em: <http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/APLICA%C3%87%C3%83O%20DA%20SECAGEM%20POR%20SPRAY%20DRYING%20PARA%20A%20PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20EXTRATOS%20VEGETAIS%20SECOS.pdf>. Acesso em: 11 ago. 20

SOUZA, L. G. *et al.* Secagem de morango com secador de exposição direta fabricado a partir de sucata de luminária. **VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. São Luís, MA, 2012.

SPRAY PROCESS. **SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO**. 2020. Disponível em: <https://www.sprayprocess.com.br/secagem-por-atomizacao>. Acesso em: 26 jun. 2021.

TANG, J.; YANG, T. Dehydrated vegetables: principles and systems. In: HUI, Y.H. *et al.* (Ed.). **Handbook of vegetable preservation and processing**. Marcel Dekker, New York, 2004.

TSIRONI, T.N.; TAUAKIS, P. S. Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. **Journal of Food Engineering**, v.123, n.1, p.188-192, 2014.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOMCHART, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**, v.86, p.573–583, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877407005791>. Acesso em: 20 jan 2021.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 247-253, 2001.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Monticello, v.26, n.1, p.59-68, 1993.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, p. 40, 2001.

TREYBAL, R. E. Mass-Transfer Operations. Third edition. New York: McGraw-Hill, Inc. p. 784, 1980.

VALENTINI, S.T.R; CASTRO, M.F.P.M; e ALMEIDA, F.H. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 2, 1998.

VAN ARSDEL, W. B. Food dehydration. **Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company**, 1964. V.2, p. 721.

VASCONCELOS, L. F. S, de. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) do juzeiro (ziziphus joazeiro)**. 2017. Trabalho de conclusão do curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa/PB, 20017.

VILLELA, F.A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho.** 1991. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1991.

VOIGT, R. Pharmazeutisch Technology. Uberarb. Auflage Suttgart: **Wissenschaftliche**, 2000.

WIDYASTUTIL, T. E. W.; SRIANTA, I. Development of functional drink based on foam mat dried papaya (*Carica papaya* L.); optimization of foam-mat drying process and its formulation. **Internacional Journal of Food, Nutrition and Public Health**, v.4, n.2, p.167-176, 2011.

WUAGHON, T. S.; PENA, R. S. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.26, n.2, p.297-306, 2008.