

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
(CEFET-MG)**

Aléxia Lorena Costa Silva

**DESENVOLVIMENTO, OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃS (*Malus domestica*)**

Belo Horizonte, MG

2022

Aléxia Lorena Costa Silva

**DESENVOLVIMENTO, OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃS (*Malus domestica*)**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel
em Química Tecnológica.**

**Orientador: Prof. Dr. Cleverson F.
Garcia**

**Coorientadora: Prof^ª. Dra. Flávia
Augusta Guilherme Gonçalves Resende**

CEFET-MG

Belo Horizonte (MG)

2022

Aléxia Lorena Costa Silva

**DESENVOLVIMENTO, OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE
DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃS (*Malus domestica*)**

**Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado
em Química Tecnológica
CEFET-MG**

Belo Horizonte, 25 de novembro de 2022

**Prof. Dr. Cleverson F. Garcia
(orientador – CEFET-MG)**

**Prof^ª. Dra. Flávia Augusta Guilherme Gonçalves Resende
(coorientadora - CEFET-MG)**

**Prof^ª. Dra. Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia
(avaliadora - UFMG)**

**Prof^ª. Dra. Gisele Fátima Moraes Nunes
(avaliador – CEFET-MG)**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tamanha graça em me conceder capacidade para concluir este trabalho, por nunca me abandonar, me guiar e fortalecer.

Em especial ao Prof. Dr. Cleverson Fernando pela valiosa orientação, por cada aprendizado, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação e sabedoria. Pela confiança depositada em mim, amizade, paciência e pelo estímulo nos momentos de incerteza.

À Prof.^a Dr. Flávia Gonçalves pelo projeto, orientação, sugestões, conhecimento e apoio.

Aos meus pais e meu irmão por nunca desistirem e acreditarem em mim, com palavras, com gestos, apoio, fé e com todo amor do mundo. Em especial à minha mãe que muito orou por mim e me incentivou a seguir em frente.

Ao meu noivo, por me lembrar várias vezes que eu sou capaz, pelo amor, carinho e auxílio.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais por me aceitar e fornecer o saber que jamais será perdido.

Aos maravilhosos professores pelo aprendizado, colaboração, e ajuda, em especial ao Prof. Dr. e Ex-Coordenador Márcio Basílio.

Aos meus amigos e amigas pelo companheirismo, pelas ajudas, conversas e momentos.

E a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram nesse caminho, muito obrigada!

RESUMO

SILVA, A. L. C.; GARCIA, C. F.; RESENDE, F. A. G. G. Desenvolvimento, otimização e avaliação de método de desidratação de maçãs (*Malus domestica*)

A maçã (*Malus domestica*) é uma das frutas mais produzidas, comercializadas e consumidas em todo o mundo. É versátil e serve como aliada na dieta humana, rica em açúcares saudáveis, substâncias biologicamente ativas, como os compostos fenólicos, e antioxidantes. Porém, é uma matéria-prima com grande quantidade de água, sendo o um fator determinante para a deterioração do alimento por microrganismos e reações químicas e enzimáticas. É possível prolongar o tempo de conservação e reduzir o desperdício por meio dos processos de secagem. Dado o contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento, otimização e avaliação da produção de farinha de maçã utilizando uma *Air Fryer* comercial, com variação dos fatores tempo e temperatura. Os parâmetros foram obtidos por meio dos testes de pH, compostos fenólicos totais, acidez titulável, teor de açúcares (°Brix) e teor de umidade. De acordo com os resultados, foi possível identificar pouca variação no pH entre os ensaios; maior quantidade de compostos fenólicos totais na região do ponto central do planejamento de experimentos; aumento da acidez titulável de acordo com o aumento da temperatura e do tempo de secagem, tendo em vista o escurecimento não enzimático. Percebeu-se ainda diminuição do °Brix em relação à maçã *in natura*, porém com elevação do teor de açúcares com o aumento da temperatura e tempo de secagem, associados à hidrólise de polissacarídeos como a pectina; e baixos teores de umidade que garantem a conservação do pseudofruto desidratado. Portanto, buscando evitar os efeitos do escurecimento não enzimático, garantido menor perda de compostos fenólicos totais, recomenda-se os seguintes níveis de temperatura e tempo de secagem para a desidratação de maçãs: 120°C e 50 min, respectivamente. Ao comparar o gasto energético da *Air Fryer* utilizada com estufas de secagem comerciais, constatou-se que as estufas têm vantagem, principalmente pelo grande volume de material que comportam. Mas, ainda assim, entende-se que o uso das *Air Fryers* é possível para pequenas empresas, tendo em vista os atuais custos de aquisição destes equipamentos.

Palavras-chave: Maçãs. Secagem. *Air fryer*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Imagem de uma macieira adulta	3
Figura 2 – Representação da flor de macieira e sua relação com a parte interna do fruto	4
Figura 3 – Imagens das maçãs: (a) fuji, (b) gala, (c) verde e (d) argentina	5
Figura 4 – Imagem de um secador solar usado em campo	7
Figura 5 – Imagem de secador solar inclinado com amostras de coco.....	8
Figura 6 – Imagem de estufa industrial para desidratação de alimentos	9
Figura 7 – Representação da estrutura do ácido ascórbico.....	10
Figura 8 – Representação da estrutura do ácido cítrico.....	10
Figura 9 – Imagem de um liofilizador	11
Figura 10 – Imagem de uma <i>Air Fryer</i> comercial	12
Figura 11 – Esquema funcional da fritadeira <i>Air Fryer</i>	13
Figura 12 – Imagem das farinhas de maçã obtidas nos ensaios de 1 a 7, em ordem crescente	20
Figura 13 – Imagem dos extratos das farinhas de maçã obtidas nos ensaios de 1 a 7, em ordem crescente	23
Figura 14 – Superfície de resposta do estudo dos compostos fenólicos totais	24
Figura 15 – Superfície de resposta do estudo da acidez titulável	26
Figura 16 – Superfície de resposta do estudo do teor de açúcares	27
Figura 17 – Imagem das amostras dos ensaios 4 e 1 respectivamente, antes da moagem	29
Figura 18 – Estufa Bio SED	30
Figura 19 – Estufa Desidratadora de Alimentos Comercial 20 Bander Time	30
Figura 20 – Imagem da <i>Air Fryer</i> Mondial Pratic.....	31
Figura 21 – Valor do kWh R\$ 0,742, da CEMIG.....	31

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva de calibração entre a concentração de pirocatecol e a absorvância a 756 nm	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de ensaios do planejamento Composto Central	17
Tabela 2 – Escala de pH	20
Tabela 3 – Valores de pH obtidos	21
Tabela 4 – Teor de compostos fenólicos (mg g^{-1} de amostra) com base em pirocatecol	22
Tabela 5 – Acidez titulável das amostras de farinha de maçã.....	25
Tabela 6 – Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) das amostras de farinha de maçã	27
Tabela 7 – Porcentagem de umidade, em base seca, das amostras de farinha de maçã...	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(aq) = aquoso

°C = graus centígrados

cm = centímetros

fc = fator de correção

g = gramas

h = horas

L = litros

m = metros

mL = mililitros

min = minutos

NaOH = hidróxido de sódio

pH = potencial hidrogeniônico

μ = micro

m_i = massa inicial

m_f = massa final

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Dados Botânicos e mercado	3
2.2. Processos de conservação por secagem	7
2.3. Utilização de <i>Air Fryer</i> em processos de secagem	12
3. Metodologia.....	16
3.1. Amostras	16
3.2. Reagentes e solventes	16
3.3. Equipamentos	16
3.4. Testes preliminares	16
3.5. Otimização da secagem	17
3.6. pH	18
3.7. Teor de compostos fenólicos	18
3.8. Acidez titulável	19
3.9. Teor de sólidos solúveis	19
3.10. Teor de umidade	19
4. Resultados e discussões.....	20
4.1. Amostras.....	20
4.2. pH.....	20
4.3. Teor de compostos fenólicos totais	21
4.4. Acidez titulável.....	24
4.5. Teor de sólidos solúveis	26
4.6. Teor de umidade	28
4.7. Comparação de gastos de energia elétrica dos equipamentos.....	30
5. Conclusão	33
6. Referências	35

1. INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus domestica*) é uma das frutas mais produzidas, comercializadas e consumidas em todo o mundo. No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Maçãs, é a terceira fruta mais consumida, perdendo apenas para laranjas e bananas (ABPM, 2016). A maçã é um pseudofruto muito versátil e serve como aliada na dieta humana, por ser uma fonte rica em açúcares saudáveis, substâncias biologicamente ativas, como os compostos fenólicos, e antioxidantes (PEREIRA, 2014). Possui também minerais como potássio e as vitaminas A, B e C. Sua produção é concentrada nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

O consumo regular do fruto pode trazer grandes melhoras para a saúde, uma vez que suas substâncias previnem doenças cardíacas e controlam o colesterol no sangue (SILVA e QUEIROZ, 2002). Além disso, parte dos seus metabólitos secundários auxilia no controle de diabetes; previne o envelhecimento precoce devido às propriedades antioxidantes; favorece o emagrecimento por provocar sensação de saciedade; reduz os riscos de acidente vascular cerebral (AVC) e Alzheimer; e auxilia na proteção da garganta e da voz (BASSO, 2017). Mais do que o fruto *in natura*, há derivados comerciais como o suco, sidras e vinagres que podem ser de simples obtenção ou demandar processamentos mais complexos.

Entretanto, matérias-primas como maçãs apresentam grande quantidade de água em sua composição e essa disponibilidade é o principal fator que causa a deterioração do alimento por microrganismos e reações químicas e enzimáticas. Ao retirar grande parte desse conteúdo, prolonga-se o tempo de conservação da matéria-prima e se reduz a perda e o desperdício. O referido processo é nomeado secagem e possui muitas vantagens como o aumento da vida útil do produto, aumento da concentração dos nutrientes no alimento, facilidade para transporte e comercialização, processo econômico e redução de perdas (CELESTINO, 2010). É um processo antigo que pode ser realizado de diversas formas, como a secagem em estufa com ventilação, solar e a liofilização.

A literatura científica é vasta em aplicações dessas técnicas com o objetivo de obter produtos com seus nutrientes e compostos ativos intactos, bem como suas características sensoriais. Mais recentemente, uma fritadeira de alimentos que dispensa o uso de óleos, de custo acessível, tem feito parte da estrutura das residências, bares e

restaurantes: a *Air fryer*. Seu processo de aquecimento rápido e eficiente vem sendo utilizado para, inclusive, desidratar determinados alimentos.

Visando avaliar seu potencial na produção de farinha de maçã, conservando os referidos benefícios do fruto, objetivou-se neste trabalho o desenvolvimento, otimização e a avaliação de um método eficiente e seguro de desidratação de maçãs utilizando a *Air fryer* comercial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para embasamento teórico do presente trabalho, fez-se uso de fontes confiáveis e devidamente referenciadas. O marco teórico é o estudo sobre a desidratação de maçãs e o desenvolvimento, otimização e avaliação de método de secagem.

2.1 Dados botânicos e mercado

A maçã é o pseudofruto da macieira, uma árvore que pode chegar a 10 metros de altura (Figura 1), sendo uma das frutas com registros mais antigos feitos pela humanidade. A macieira possui troncos e galhos finos, folhas verde escuras, flores que quase sempre são róseas, mas podem apresentar a cor branca e exalam um perfume característico. Sua introdução no Brasil se deu pelos colonizadores europeus, que encontraram solos férteis e ricos em nutrientes, porém, até a década de 1960, o cultivo da macieira era feito somente em pomares domésticos (NACHTIGALL et al., 2009).

Figura 1 – Imagem de uma macieira adulta



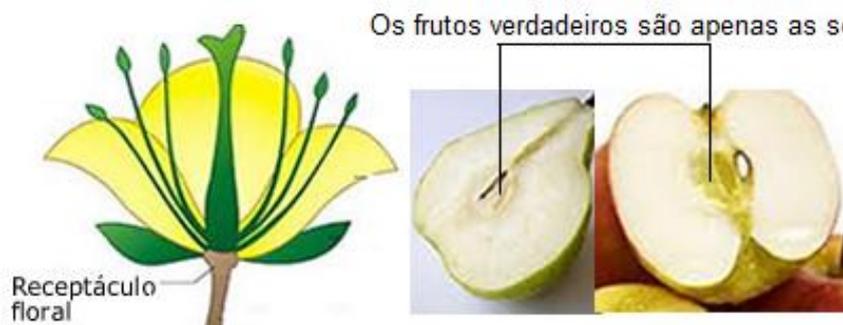
Fonte: Paraíso das árvores, 2016.

O plantio ideal ocorre entre junho e agosto e o clima propício é o subtropical, porém existem tipos da maçã que suportam as variações do clima tanto para temperaturas mais altas quanto para mais baixas (PIMENTEL, 2007). A macieira normalmente começa a dar frutos 3 anos após o seu plantio e a maior produtividade tende a ocorrer entre os 10 e 20 anos. Além disso, destaca-se que produtividades satisfatórias podem se estender até os 50 anos de idade (MOREIRA, 2020).

Ao plantar uma macieira é importante observar alguns aspectos do seu crescimento como o vigor da árvore. Em fase inicial, o excesso de vigor e exuberância será prejudicial à futura fase de frutificação causando desequilíbrio e baixa produção. Para que esta planta não se torne inviável economicamente é necessário realizar podas periódicas, controle de superproduções e, algumas vezes, até retardadores de crescimento (NACHTIGALL et al., 2009).

Embora a palavra “*fruta*” seja destinada para todos os frutos com características doces e comestíveis, o conceito científico não é igual. De acordo com os estudos da Ciência Botânica, as frutas são divididas em *frutos* e *pseudofrutos*. As plantas possuem muitas partes em sua estrutura, entre elas o ovário. Quando este ovário é fecundado se origina um fruto, formado pelo pericarpo, que possui a função de proteger as sementes. Já os pseudofrutos, que significa falso fruto, se originam de outras partes da flor, que não são o ovário (Figura 2), como o pedúnculo e receptáculo floral (AMADEU E MACIEL, 2014).

Figura 2 – Representação da flor de macieira e sua relação com a parte interna do fruto



Fonte: Louredo, 2022.

A maçã possui muitas variedades com características distintas, que variam a cor da casca, a textura e o nível de açúcares. De acordo com Vieira (2021), dentre os tipos do pseudofruto que recebem maior destaque estão:

- **Maçã fuji:** é rica em nutrientes e contém alto índice de açúcar. Sua textura é crocante e firme e apresenta polpa mais densa do que outras variedades. A casca é vermelha com alguns rajados amarelos;

- **Maçã gala:** a frutose dessa espécie apresenta maior tempo de absorção pelo organismo, sendo indicada para pessoas diabéticas. Sua casca é fina, vermelha com

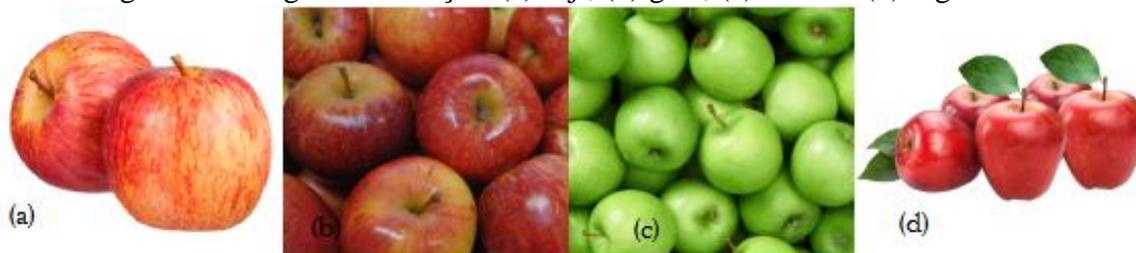
manchas amarelas, a polpa é macia com leve toque de acidez e apresenta alta propriedade antioxidante;

- **Maçã verde:** apresenta alta quantidade de vitaminas e poucas calorias e carboidratos. É aliada no funcionamento do intestino e contra o câncer colo-retal. Além de sua cor diferenciada, o sabor também não é adocicado e por vezes até um pouco azedo. A maçã verde conta com propriedades anti-ácidas e pode ser uma aliada contra a azia, refluxo e constipação;

- **Maçã red ou argentina:** também popularizada como *red delicious*, destaca-se por ser doce e ter textura peculiar da polpa. Sua casca é vermelha brilhante, de cor intensa e seu aroma é doce e característico, sendo evidenciada, junto as demais maçãs citadas, na Figura 3.

Ainda entre as variedades mais comuns estão as maçãs: ambrosia, arkansas black, braeburn, e a ginger gold.

Figura 3 – Imagens das maçãs: (a) fuji, (b) gala, (c) verde e (d) argentina



Fonte: (a) Natural da Terra, 2022; (b) Zanella, 2016; (c) O Globo, 2021; (d) Quitanda Tomio, 2022.

Atualmente estima-se que existam no mundo cerca de 2,5 mil tipos de maçãs e o Brasil está entre os 12 maiores produtores mundiais do pseudofruto, participando com 1,34% da produção. Esse cenário não era realidade tempos atrás, pois, cerca de 40 anos, o país era apenas importador (VIEIRA, 2021). Essa reviravolta demonstra o crescimento da produção da fruticultura e a importância desse pseudofruto no consumo brasileiro.

O cultivo dessa fruta se tornou tão importante que está entre as mais de 20 culturas com normas e técnicas, denominada Produção Integrada (PI). A PI se estabeleceu no Brasil como uma ação conjunta da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), produtores e universidades, que visam garantir qualidade e

segurança, além de propor o menor impacto ambiental com auxílio da tecnologia (FIORAVANÇO E SANTOS, 2013). Há ainda a Instrução Normativa N° 50 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que estabelece um regulamento técnico para classificar a qualidade e os tipos da maçã. Os parâmetros são válidos também para importação e exportação de maçã e discorrem sobre a cor, grau de maturação, lesões na superfície ou interior, contaminação etc. (BRASIL, 2002).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), a cultura da maçã ocupa área equivalente a 33,244 mil hectares do território brasileiro. E, em média, são produzidas 1,2 milhões de toneladas por ano.

Os principais estados produtores, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, localizados na região Sul do país, onde as maçãs se desenvolvem em condições próprias de acordo com o clima. É um mercado que oferece oportunidade de emprego e renda, e atualmente estima-se que existam cerca de 148 mil empregados direta e indiretamente na área (KRETZSCHMAR, 2020).

No Brasil, as exportações da maçã foram desfavorecidas em 2014, pela crise econômica, fato que fez com que o foco se voltasse para a demanda interna. Apesar de outros países terem ganhado espaço no mercado mundial nesse período, a recuperação gradual do mercado, safras produtivas e a estagnação na crescente do consumo interno, trouxeram de volta a viabilidade da exportação colocando o Brasil entre os maiores produtores pelos anos seguintes (EPAGRI, 2018)

Kretzschmar (2020) ressalta que em 2016 o Brasil exportou 30,79 toneladas de maçã *in natura* e, em 2018, esse número se elevou para 71,0 toneladas sendo comercializadas para 66 países, dentre eles: Rússia, Irlanda, Portugal, Reino Unido, Índia e França. O suco da maçã, produto secundário, também foi altamente comercializado em alta demanda para países como Estados Unidos, Japão, Alemanha e África do Sul.

Os estudos de Lazzarotto (2018) apontam que para a comercialização da maçã há uma divisão em categorias qualitativas do pseudofruto, e maiores preços são pagos por categorias melhores. Considerando-se os estudos feitos na época, em que um pomar produziria 80 ton ha⁻¹ e que 35% dessa produção seja de categoria 1, a estimativa de lucro variava entre R\$ 41.000,00 e R\$ 64.000,00. Porém, existem fatores externos que afetam esses valores como a época de safra e a produtividade por hectare.

2.2 Processos de conservação por secagem

A secagem é definida como uma operação para remoção de água por troca térmica ou de calor, ou qualquer outro líquido do interior de um material. Para os alimentos ela oferece variadas vantagens como: aumento da vida útil; concentração do valor nutritivo; facilidade na comercialização; economia e a redução de perdas (CELESTINO, 2010). Esse processo pode ocorrer por diferentes métodos: secagem solar, em estufa, liofilização, entre outros.

O método de secagem solar é o mais antigo processo utilizado para desidratação de alimentos, por envolver baixo custo e tecnologias pouco elaboradas. Nesta técnica os alimentos são colocados em exposição direta ao Sol dentro de algum recipiente, aberto ou parcialmente fechado. Os secadores solares (Figura 4) também podem ser construídos com materiais específicos e até mesmo com material reciclado de baixo custo.

Figura 4 – Imagem de um secador solar usado em campo



Fonte: Emater, 2016.

Apesar de suas facilidades, o método apresenta algumas desvantagens, como observado por Leitão (1998):

- Alta dependência das condições climáticas e prejuízos com a ocorrência de chuvas repentinas que alteram propriedades do alimento, causam contaminação por fungos, e atrasam o processo;

- A qualidade nutricional e microbiológica comprometidas assim como o gosto, aspecto e aroma. O alimento exposto no equipamento pode apresentar escurecimento enzimático;
- Não há proteção suficiente contra insetos e predadores;
- Contaminação por poeiras;
- Longo período de tempo necessário para realização da prática, desde a preparação do alimento até a secagem completa do alimento.

Outra desvantagem do secador solar se dá pelo tamanho e espaço que ele ocupa. Mendonça et al., (2015) relatam a construção de um secador solar para a secagem de sementes de andiroba de dimensões 2,5 m de altura por 4 m de largura, cujo o tempo de secagem, foi extremamente longo. De acordo com os resultados do estudo, as sementes das espécies *C. surinamensis* e *C. guianensis* levaram respectivamente 14 e 20 dias para estarem secas.

Situações como a não homogeneidade na secagem dos alimentos pelo método solar foram percebidas por Lima (2019). O autor observou que as amostras de alimentos situados próximos à saída do secador apresentaram maior percentual de massa perdida em relação aos que estavam no topo do secador, uma vez que o equipamento se encontra inclinado (Figura 5). Foram submetidas à secagem solar 6 diferentes alimentos: banana, batata-doce, berinjela, beterraba, coco e goiaba e os respectivos tempos de secagem foram: 12 h, 12 h, 8 h, 10 h, 5 h e 12 h, ressaltando o fator elevada demanda de tempo.

Figura 5 – Imagem de secador solar inclinado com amostras de coco



Fonte: Lima, 2019.

Almeida et al. (2010), por sua vez, realizaram o estudo de desidratação de peras, frutas de considerável semelhança às maçãs e também obtiveram resultados negativos com a secagem solar. Nesse caso, utilizaram-se diferentes métodos para comparação: tradicional (solar ao ar livre), em estufa solar e em túnel de secagem. Na conclusão do trabalho os autores destacaram que o processo de secagem solar tradicional não garante a conservação duradoura e, tampouco, a segurança alimentar para o consumidor.

A desidratação em estufa (Figura 6) é o método mais difundido na indústria da secagem de alimentos, pela facilidade de secar maior quantidade de matéria-prima em um ciclo do equipamento. Porém, como desvantagens citam-se: a elevada demanda de tempo e o gasto de energia elétrica. É um método considerado lento que pode levar de 3 a 24 horas, dependendo do alimento e de como está disponível para a secagem (CECCHI, 2003).

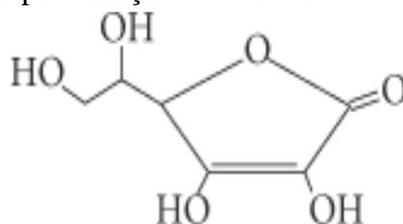
Figura 6 – Imagem de estufa industrial para desidratação de alimentos



Fonte: Nogueira, 2015.

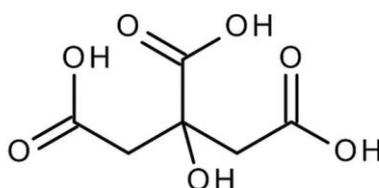
O método de secagem em estufa pode dar origem ao escurecimento enzimático de matrizes vegetais. Saraiva et al. (2011) pontuaram que o escurecimento do alimento é tomado como um fator de qualidade e, em alguns casos, pode ser indesejado. Segundo os autores, é fundamental que a maçã apresente bons aspectos sensoriais, entre eles sua aparência. Para tanto, utilizaram-se substâncias capazes de inibir o escurecimento enzimático ao longo da secagem, como o ácido ascórbico (Figura 7, p.10) e o ácido cítrico (Figura 8, p.10). Assim, dependendo da matriz vegetal a ser desidratada via secagem em estufa, deve-se considerar a referida etapa adicional.

Figura 7 – Representação da estrutura do ácido ascórbico



Fonte: Toralles et al., 2006.

Figura 8 – Representação da estrutura do ácido cítrico



Fonte: Merck, 2021.

Fernandes et al. (2018) estudaram a cinética de secagem da maçã tipo Fuji em estufa e, ao final do trabalho, relataram que ajustes de temperatura foram necessários para reduzir o período de desidratação, no caso 10 h a 40 °C, resultado similar ao obtido por Silva et al. (2018) em desidratações a 40, 50 e 60 °C.

Em outro estudo, as variedades Argentina e Verde foram submetidas à secagem em estufa e o tempo médio, para ambas foi igual a 9 h. Porém, a espessura em que as fatias foram cortadas também foi menor (0,3 cm), enquanto os demais trabalhos citados utilizaram entre 0,5 e 0,7 cm de espessura de corte (SANTOS et al., 2019).

Outro método de desidratação de alimentos é a liofilização que consiste na eliminação de água do alimento por sublimação a baixas pressões. Inicialmente, a matéria prima é congelada e depois submetida a baixas pressões, sob vácuo (CELESTINO, 2010). É um processo realizado por um liofilizador (Figura 9) que minimiza a perda de nutrientes e permite a reidratação do alimento. Porém, até o momento, a técnica demanda altos investimentos, além do gasto de energia elétrica (COELHO, 2022).

Figura 9 – Imagem de um liofilizador



Fonte: Celestino, 2010.

Sousa (2020) comparou as propriedades da maçã Fuji liofilizada com amostras secas comerciais. Em seu trabalho foram analisadas a cor e a umidade final da maçã, concluindo que as características das amostras liofilizadas são superiores. Apesar de não citar o custo envolvido, o fator tempo mais uma vez é destacado. Desde o congelamento da amostra até o processo completo de liofilização demandou-se 50 h. Salienta-se que um dos motivos relacionados ao elevado período é a massa considerável de alimentos para liofilizar de uma única vez.

A liofilização demanda estudos detalhados sobre seus fatores de influência, tais como a espessura das fatias, a velocidade do congelamento e a capacidade de reidratação. Segundo Corrêa (2013), os fatores espessura e taxa de congelamento podem ser relacionados facilmente, pois quanto menor a espessura, maior é a velocidade de congelamento. Porém, a reidratação não é proporcional a outros fatores. Isso ocorre, pois durante o congelamento acelerado formam-se canais estreitos e tortuosos que obstruem a absorção da água.

Mattarugo (2016) estudou a influência da variação da concentração do ácido ascórbico, de 0% a 5%, e da liofilização na qualidade de maçãs tipo Fuji. De acordo com a autora os substratos presentes no pseudofruto são responsáveis pelo seu escurecimento enzimático e a inibição desse fator é feita pela utilização do antioxidante. A adição desta etapa acrescenta maior gasto de tempo e reagentes, trazendo maiores custos ao processo. Em relação ao escurecimento indesejado, as concentrações de 1% e

4% de ácido ascórbico foram aquelas que proporcionaram uma coloração mais clara, tanto para a maçã *in natura* quanto as liofilizadas e reidratadas.

O método de liofilização de acordo com Silva (2013) apresentou melhores resultados para a desidratação da polpa de juçara, em comparação com o mesmo produto desidratado por atomização. Porém o autor faz algumas ressalvas sobre a liofilização, que além do seu custo elevado devido à energia gasta para a sublimação e remoção da água da câmara, apresenta outras desvantagens como a lenta taxa de secagem, e deixa os alimentos mais suscetíveis à oxidação lipídica e de pigmentos.

Considerando as características gerais dos métodos de secagem apresentados, ainda há espaço para opções de menor período de secagem e de custo de aquisição mais acessível.

2.3 Utilização de *Air fryer* em processos de secagem

A *air fryer* (Figura 10) é uma inovação tecnológica que realiza a fritura dos alimentos fazendo uso de um secador rotativo de alta potência. O equipamento utiliza a umidade do próprio alimento para fritá-lo e elimina a necessidade da adição de óleos (ALEXANDRE, 2021), como ocorre com os processos de fritura convencionais. As *Air Fryers* são equipamentos práticos e presentes em parte considerável das residências brasileiras. Estima-se que sua aquisição cresça em taxa anual de 15% no Brasil, desde 2016 (MOREIRA, 2020).

Figura 10 – Imagem de uma *Air Fryer* comercial



Fonte: Pixabay, 2022.

O método de cozimento dos alimentos é a convecção, um processo de transmissão de calor no qual o ar, é aquecido e formam-se correntes de convecção pela diferença de densidade, pois o ar mais quente é menos denso, até que atinja-se o equilíbrio térmico (REBOITA, 2012). Esses equipamentos contam com um ventilador de ar interno e, devido ao formato da câmara cilíndrica (Figura 11), o ar fica distribuído de maneira uniforme em todo o recipiente, auxiliando na homogeneidade dos produtos (TERUEL, 2015).

Figura 11 – Esquema funcional da fritadeira *Air Fryer*



Fonte: Teruel et al., 2015.

Monteiro et al. (2019) utilizaram a *Air Fryer* para a desidratação da berinjela cortada em cubos e, segundo os autores, houve bons ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais. A temperatura que apresentou melhores resultados foi de 90 °C, sendo um fator de influência de fácil controle.

Loyola (2019), por sua vez, comparou a eficiência da secagem com *Air Fryer* com a secagem em estufa convencional e com o uso do forno a gás. A matéria-prima utilizada foi a banana verde, sendo objetivada a obtenção da sua farinha. As amostras secas com a *Air fryer* apresentaram rendimentos consideráveis e os maiores índices de teor de fenólicos totais e atividade antioxidante frente aos outros processos.

Silva e Maffei (2022) realizaram a secagem das cascas e albedos da bergamota e do maracujá para produção de suas respectivas farinhas, e elaboração de *muffins*. A desidratação foi realizada em forno elétrico e em *Air Fryer*, e o segundo método favoreceu a coloração, o odor, menor valor de umidade, além de possui custo-benefício melhor em comparação ao forno elétrico. Os valores de proteínas, acidez e pH também foram melhores nas farinhas obtidas pela *Air Fryer*. Além disso, as farinhas podem ser incluídas na alimentação como complementares à dieta.

A desidratação da uva também foi realizada em *Air Fryer* e os resultados foram satisfatórios com um produto de boas características nutricionais. Vilar et al. (2021) produziram a uva passa por método de estufa a 70 °C e *Air Fryer* a 90 °C, comparando o produto com e sem pelagem e com ou sem pré-tratamento químico. Um dos fatores destacados pelos autores foi que o pré-tratamento realizado com NaOH 1% a 95 °C não foi significativo nos resultados de pH que foi de 3,9, e tampouco no teor de sólidos solúveis no método não convencional. Ainda de acordo com os autores o produto obtido garante segurança alimentar, pois além da redução da umidade, o pH ácido diminui as chances de crescimento microbiano. Outro fator pouco influenciado foi o °Brix, que variou de 62,3 para 63,3. Ademais, de acordo com o gráfico de taxa de secagem pelo modelo de Page obtido pelos autores é possível observar que a secagem em *Air Fryer* ocorreu em menor tempo em comparação com a estufa.

Já Suárez (2021) realizou a secagem de 3 diferentes tipos de tubérculos, típicos da região andina da Colômbia, em *Air Fryer* para pesquisar a viabilidade econômica da elaboração de chips saudáveis como alimento funcional. Além da facilidade, os alimentos preparados no equipamento possuem conteúdo de lipídeos significativamente mais baixo, redução na formação de acrilamida, substância prejudicial à saúde, e as características sensoriais são similares aos tubérculos fritos em óleo ou azeite. Após preparo dos alimentos o autor realizou uma pesquisa de satisfação, preço e aceitabilidade dos chips que foram considerados inovadores e uma alternativa saudável aos tipos existentes no mercado atual. Estimou-se que, caso o produto entrasse em circulação, o prognóstico de vendas até 2026 seria de 4000 milhões de pesos colombianos.

A casca da moranga cabotiá ou abóbora cabotiá, assim como sua polpa são ricas em compostos antioxidantes e carotenóides. Han (2019) se encarregou de avaliar a presença dos compostos bioativos na casca da moranga *in natura*, desidratada em secador convectivo, micro-ondas, forno convencional e *Air Fryer*. A extração ocorreu em água, acetona, e álcool etílico 70%. O autor relata que, em água e acetona, a *Air Fryer* foi o único método que apresentou aumento na quantidade de compostos fenólicos, sendo superior à amostra *in natura*.

Rosso et al. (2021) utilizaram a *Air Fryer* para associar a desidratação de cascas de batata, cenoura e banana à produção de suas farinhas e redução do desperdício, visto que essas partes são normalmente descartadas pelo consumidor. As matérias-primas

foram submetidas à higienização e posterior secagem por 40 minutos a 180 °C e trituradas em liquidificador. Neste ponto destaca-se como uma vantagem do método a sua relativa agilidade frente a outros processos de secagem que demanda longos períodos de tempo. As análises em espectrofotômetro revelaram que a capacidade antioxidante das cascas da banana e da batata foram maiores nas amostras secas que as amostras *in natura*. Logo, foi possível comprovar que o uso da *Air Fryer* é eficiente, o método pode ser realizado de maneira caseira, a atividade antioxidante é aumentada, há redução significativa do desperdício, e as farinhas podem ser incluídas como ingredientes na formulação de biscoitos e bolos.

De acordo com Araújo (2021) a torra da castanha de caju e a retirada de sua película são responsáveis pela quebra e mudança na coloração da amêndoa. Uma alternativa inovadora para evitar essas avarias no produto final, foi o uso da fritadeira. Segundo as conclusões do autor foi possível realizar o beneficiamento da castanha com eficiência, e tempos que não alteraram as propriedades físicas do alimento. Ademais, a coloração obtida foi a mesma para castanhas tipo exportação, o que garante bom parâmetro de qualidade para o produto.

Assim sendo, a aplicação da *Air fryer* na desidratação de alimentos é uma atividade com potencial viabilidade e que demanda estudos para seu uso em matérias-primas vegetais adequadas.

3. METODOLOGIA

A relação de materiais e as metodologias utilizadas no presente trabalho estão apresentadas nos subtópicos a seguir. Os experimentos apresentados foram realizados no laboratório de Pesquisa (lab. 410) e de Química Orgânica (lab. 414) do Departamento de Química (CEFET-MG).

3.1 Amostras

Aproximadamente 2 kg de maçã maduras, variedade Fuji, foram adquiridas em hortifrutis de Belo Horizonte (MG), entre os dias 20 e 29 de outubro de 2022.

A seleção das amostras foi feita com base no tamanho e aspecto visual garantindo cascas avermelhadas e sem danos físicos e/ou regiões escurecidas devido ao processo de senescência.

Todas as unidades foram, então, lavadas, secas e descascadas para seu uso nos experimentos de secagem.

3.2 Reagentes e solventes

Os reagentes empregados foram: NaOH 0,1 mol.L⁻¹ $f_c = 0,856$, fenolftaleína 1% m v⁻¹, Folin-Ciocalteau (Cromoline), pirocatecol (Riedel-de Haën), água destilada, etanol:água 80% vv⁻¹ e Na₂CO₃(aq) 7% m v⁻¹.

3.3 Equipamentos

Os equipamentos utilizados no presente trabalho foram: *Air fryer* (Mondial Pratic 2,4 L, 127 V), balança analítica (KERN 410), espectrofotômetro UV-VIS (Varian Cary 50), ebulidor, estufa (laboratório 414 CEFET-MG), refratômetro Abbe de bancada, pHmetro (DEL LAB), liquidificador (ARNO).

3.4 Testes preliminares

Com o objetivo de determinar as dimensões apropriadas das amostras de maçã, a potência, e o tempo adequados para o processo de secagem, realizaram-se testes preliminares de secagem com as amostras de maçãs lavadas e secas. Para tanto, testes de

secagem foram realizados com aproximadamente 250g de maçãs. Em cada teste, as maçãs foram lavadas, descascadas, as sementes retiradas, deixadas em um recipiente com água por 5 minutos, cortadas em fatias entre 0,3 e 0,5 cm de espessura, levando em conta temperaturas de secagem entre 100 °C e 140 °C e potência própria do equipamento.

3.5 Otimização da secagem

A otimização foi realizada tomando como base os resultados dos testes preliminares como fatores tempo e temperatura de secagem. Utilizou-se um planejamento composto central com os referidos fatores, em dois níveis, e triplicata para o ponto central, totalizando 7 ensaios (Tabela 1). As respostas avaliadas foram o pH, teor de compostos fenólicos totais, com base em pirocatecol, acidez titulável (% m v⁻¹ de ácido málico), °Brix e umidade. Os resultados foram processados fazendo uso dos softwares Minitab® 21.2 (64-bit) e Excel (Office 365).

Tabela 1 – Matriz de ensaios do planejamento Composto Central

Ordem dos ensaios	Ensaio	Tempo (min)	Temperatura (°C)
3	1	40,0 (-1)	100 (-1)
2	2	60,0 (+1)	100 (-1)
6	3	40,0 (-1)	140 (+1)
5	4	60,0 (+1)	140 (+1)
1	5	50,0 (0)	120 (0)
4	6	50,0 (0)	120 (0)
7	7	50,0 (0)	120 (0)

Fonte: própria autora

Após a secagem as maçãs desidratadas foram levadas ao liquidificador e trituradas cerca de 1 minuto, para obtenção de suas respectivas farinhas. O armazenamento foi feito em embalagens metalizadas de alumínio com ziplock, à temperatura ambiente, ao abrigo da luz do Sol e calor.

3.6 pH

As análises de determinação do pH, para cada amostra de farinha, foram realizadas em tubos Falcon de 10 mL preenchidos com 2,000 g de farinha de maçã,

medidos em uma balança analítica, e 20 mL de água destilada previamente aquecida, medidos com uma proveta de 25 mL. Antes da leitura do pH, a mistura foi agitada mecanicamente por 30 min e, em seguida, mantida fixa até temperatura ambiente (adaptado de AOAC, 2006).

3.7 Teor de compostos fenólicos totais

Mediu-se 1,2500 g das farinhas de maçã em vidros de relógio separados e suas massas foram transferidas para grals de porcelana contendo 7,5 mL de etanol 80% v v⁻¹. Com um pistilo as misturas foram maceradas e, em seguida filtradas, sendo coletadas de forma quantitativa em balões volumétricos de 25 mL. Os resíduos dos filtros foram, então, transferidos de volta para os grals que receberam mais 7,5 mL de etanol 80 % v v⁻¹. O processo foi repetido e o balão volumétrico de 25 mL completado com a referida solução alcoólica. As soluções padrão de pirocatecol foram preparadas em balões volumétricos de 25 mL nas seguintes concentrações: 20, 55, 75, 100 e 120 µg mL⁻¹ de pirocatecol utilizando etanol:água 80% v v⁻¹ como solvente (HOLDERBAUM, KON e GUERRA, 2014).

O teor de compostos fenólicos totais de cada amostra foi determinado usando o método de Folin-Ciocalteu modificado, de Roesler et al. (2007). Inicialmente, com um micropipetador adicionou-se em um béquer de 50 mL, 850 µL de água destilada e 100 µL de Folin-Ciocalteu. Em seguida, foi adicionado 200 µL da solução obtida a partir da amostra. Agitou-se a mistura manualmente e aguardou-se 5 min. Adicionou-se, então, 850 µL da solução de carbonato de sódio (7% m v⁻¹), as amostras foram novamente agitadas e mantidas em repouso durante uma hora, ao abrigo da luz. Finalizado o período, cada amostra foi transferida para cubetas de acrílico e a absorbância determinada em 756nm no espectrofotômetro UV-Vis.

A curva de calibração, por sua vez, foi elaborada com as soluções padrão de pirocatecol. Para tanto, utilizou-se o mesmo procedimento citado para as amostras. Ao final, obteve-se um gráfico relacionando o teor de compostos fenólicos (µg mL⁻¹), considerando o pirocatecol, com relação à absorvância em 756 nm, o modelo de regressão e o coeficiente de determinação (R²).

3.8 Acidez titulável

Em vidros relógio separados foram medidos 1,0000 g de amostras de farinha de maçã, e transferidos para Erlenmeyers de 125 mL que em seguida, receberam 100 mL de água destilada previamente aquecida, usando uma proveta de 100 mL. Adicionou-se 3 gotas de solução de fenolftaleína 1% m v⁻¹ e titulou-se a mistura com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹, fc = 0,856, até o ponto final da titulação (IAL, 2008).

A acidez foi medida com relação ao conteúdo de ácido málico (% m v⁻¹) de acordo com a equação 1:

$$Acidez (\% m v^{-1}) = \frac{V * fc * 10}{m} \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo:

V = volume (mL) do titulante

fc = fator de correção do titulante

m = massa (g) de farinha de maçã

3.9 Teor de sólidos solúveis

A determinação do teor de sólidos solúveis foi realizada com o conteúdo líquido das amostras utilizadas na determinação de pH. Para tanto, 5 gotas de cada amostra foram inseridas no amostrador do Refratômetro de Abbè para leitura do °Brix, considerando a leitura da água destilada como referência (0 °Brix) (IAL, 2008).

3.10 Teor de umidade

Mediu-se 1,0000 g de cada uma das amostras de farinha de maçã, em placas de petri de vidro, as quais foram inseridas em uma estufa a 105 °C e C e mantidas até massa constante (IAL, 2008). Ao final dos experimentos calculou-se o teor de umidade das farinhas de acordo com a equação 2:

$$Umidade (\% m m^{-1}) = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) * 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

m_i = massa (g) da farinha de maçã antes da secagem em estufa

m_f = massa (g) da farinha de maçã depois da secagem em estufa

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Amostras

Determinou-se a espessura das fatias entre 0,3 e 0,5 cm considerando o fato de que quanto menor a espessura, menor a resistência apresentada pela umidade de migrar do interior para a superfície do sólido, reduzindo assim o tempo de secagem. Espessuras maiores que 0,5 cm não permitiram secagem ideal. Temperaturas abaixo de 100 °C não promovem secagem efetiva e acima de 140 °C levaram à queima do alimento e perda de suas propriedades.

Após realização dos procedimentos do item 3.5 foram obtidas as farinhas de maçã em cada um dos ensaios mostradas na Figura 12.

Figura 12 – Imagem das farinhas de maçã obtidas nos ensaios de 1 a 7, em ordem crescente



Fonte: própria autora

4.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é um artifício da escala logarítmica utilizado para medir acidez, neutralidade e alcalinidade de soluções aquosas (Tabela 2). Os valores dessa escala são sempre positivos (ROBALLO, 2014).

Tabela 2 – Escala de pH	
Escala de pH	
pH<7	Ácido
pH=7	Neutro
pH>7	Alcalino

Fonte: Carvalho, 2019.

Para as amostras de farinha de maçã obtidas em cada ensaio, mediu-se o pH de acordo com o item 3.6, e os valores obtidos são mostrados na tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Valores de pH obtidos

Ensaio	pH
1	4,29
2	4,36
3	4,65
4	4,44
5	4,39
6	4,53
7	4,60

Fonte: própria autora

Apesar das variações de tempo e temperatura como mostrado na Tabela 3, praticamente não houve variação do pH, além dos dados não permitirem modelos representativos. Para o ensaio 1, no qual as amostras foram submetidas à temperatura de 100 °C por 40 minutos, obteve-se o menor valor de pH, e o ensaio 3 com temperatura de 140 °C por 40 minutos, o maior valor.

De acordo com Moura et al. (2012) os valores de pH observados para maçã *in natura* foram de 3,66 e 3,81 para a maçã seca. Ambos foram menores do que os valores obtidos por Treptow et al. (1998), de 4,50 para o pseudofruto *in natura* e para dois diferentes pré-tratamentos variou de 4,06 a 4,31 com a cultivar Fuji. Vilar et al. (2021) também relatou em seu processo para a produção da uva passa em *Air Fryer* que não houve mudança real nos valores obtidos do pH da fruta antes e depois da desidratação.

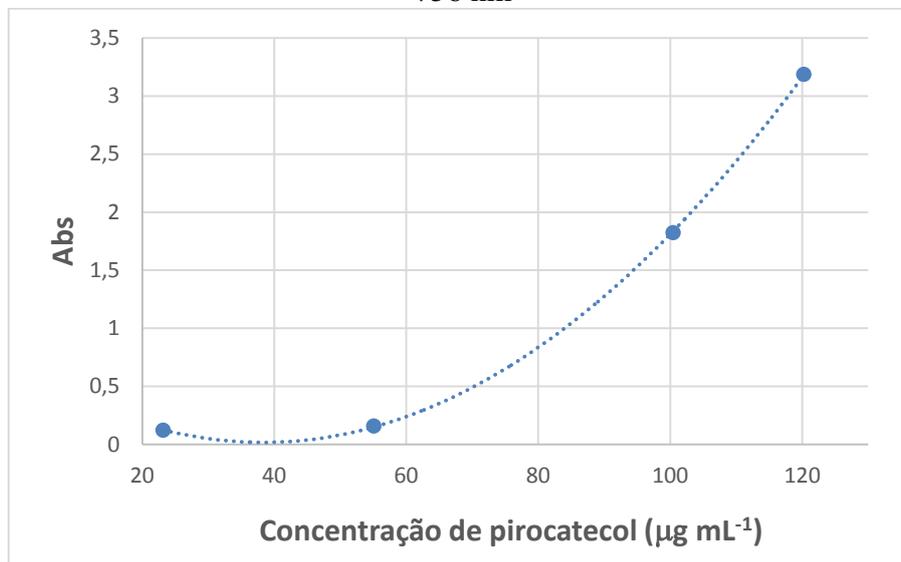
A variação atenuada do pH pode ser consequência, segundo Moura (2012), da presença de misturas tampão nos frutos. Ainda é possível afirmar que as farinhas de maçãs obtidas se enquadram na classificação de produto ácido, o que de acordo com Silva e Maffei (2022), é benéfico para a sua conservação, evitando a contaminação por determinados microrganismos.

4.3 Teor de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são estruturas químicas conhecidas por sua estabilidade e normalmente são metabólitos secundários. Seu perfil estrutural é caracterizado pela presença de anéis aromáticos com pelo menos uma hidroxila e forte capacidade antioxidante (ANGELO, 2007). São vastamente encontrados em plantas, frutas, e sintetizados por alguns animais.

Primeiramente realizou-se a análise dos padrões de pirocatecol com o objetivo de elaborar a curva de calibração, evidenciada no Gráfico 1 (p.22).

Gráfico 1 – Curva de calibração entre a concentração de pirocatecol e a absorvância a 756 nm



Fonte: própria autora

O melhor ajuste de R^2 foi obtido por meio de uma regressão quadrática com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9999, fornecendo a Equação 3, utilizada para determinar o teor de compostos fenólicos totais nas amostras (Tabela 4).

$$\text{Abs} = 0,0005 * \text{teor}^2 - 0,0361 * \text{teor} + 0,7111 \quad \text{Eq. (3)}$$

Tabela 4 – Teor de compostos fenólicos totais (mg g⁻¹ de amostra) com base em pirocatecol

Ensaio	Teor
1	1,46
2	1,61
3	2,05
4	1,68
5	2,12
6	2,13
7	2,26

Fonte: própria autora

As amostras dos ensaios 3 e 4 foram as que apresentaram maior grau de escurecimento (Figura 13, p. 24) que pode ser atribuído ao escurecimento não enzimático, relacionado à presença de açúcares redutores, proteínas e/ou aminoácidos

livres e calor. Por outro lado, os experimentos em que foram utilizadas temperaturas extremas (100 ou 140°C), observaram-se menores teores de compostos fenólicos totais, estimando-se efeitos como degradação e/ou dificuldade de extração dos referidos compostos. Assim, os experimentos realizados nas condições de ponto central (120°C e 50 min), foram responsáveis pelos resultados com mais compostos fenólicos totais quantificados nas farinhas de maçãs.

Figura 13 – Imagem dos extratos das farinhas de maçã dos ensaios 1 a 7 organizados em ordem crescente



Fonte: própria autora.

Scheeren (2012) avaliou os valores de compostos fenólicos totais em medidas de ácido gálico, considerando diferentes temperaturas para maçãs desidratadas em estufa à vácuo, e também percebeu diferenças nos valores obtidos com pequenas variações de temperaturas. Em 50, 60 e 65 °C, os valores observados foram 135,24; 97,56 e 303,96 mg ácido gálico 100 g⁻¹ de amostra, respectivamente, mostrando que a condição otimizada em estufa ocorreu em 65 °C.

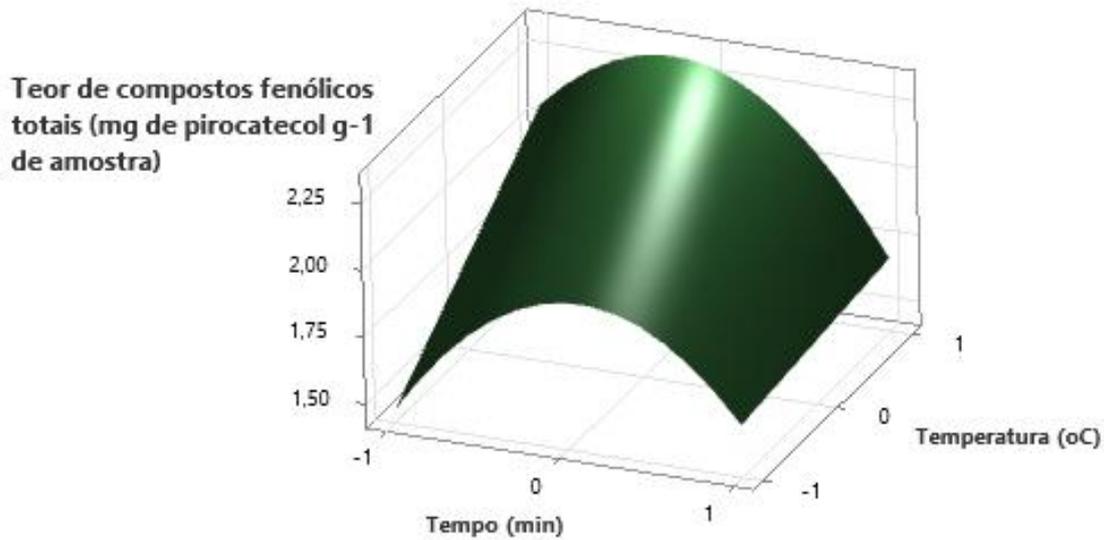
Fatores como a maturação dos frutos se associa à redução de compostos fenólicos devido aos processos de polimerização e complexação (MENEZES E ALVES, 1995). Outros fatores também são significativos nas variações desses compostos, como partes da fruta analisadas, técnicas de cultivo, condições climáticas e técnicas de análises, assim como os tipos de solventes analisados, uma vez que quanto maior a polaridade do solvente, melhor ocorrerá a extração (SHEEREN, 2012).

O planejamento de experimentos, por sua vez, permitiu uma modelagem com ótimo ajuste quadrático (Figura 14, p. 25), porém, sem considerar o ensaio 7, de valor discrepante entre a triplicata do ponto central. O R² ajustado foi igual a 0,9997, bem

como todos os parâmetros da equação foram significativos (teste t, $\alpha = 0,05$) (Equação 4), exceto a temperatura².

$$\text{Teor de compostos fenólicos totais} = 2,12693 - 0,05621 \cdot \text{tempo} + 0,16664 \cdot \text{temperatura} - 0,42675 \cdot \text{tempo}^2 - 0,12865 \cdot \text{tempo} \cdot \text{temperatura} \quad \text{Eq. (4)}$$

Figura 14 – Superfície de resposta do estudo dos compostos fenólicos totais



Fonte: própria autora

O modelo indica que a condição ótima de manutenção dos compostos fenólicos, após a secagem, é a do ponto central: 120°C e 50 min. Além disso, os menores teores ocorrem segundo a Equação 3 (p. 23), indicando que os mecanismos associados aos diferentes teores, na faixa de estudo, são baseados nos resultados e ocorrem de acordo com a equação e o gráfico.

4.4 Acidez titulável

Ao realizar a titulação das amostras de farinha de maçã, obteve-se os valores, em % de ácido málico ($\text{m} \cdot \text{v}^{-1}$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Acidez titulável das amostras de farinha de maçã

Ensaio	Ácido málico em g 100 mL ⁻¹
1	1,61
2	2,86
3	3,09
4	3,38
5	2,97
6	2,75
7	2,51

Fonte: própria autora

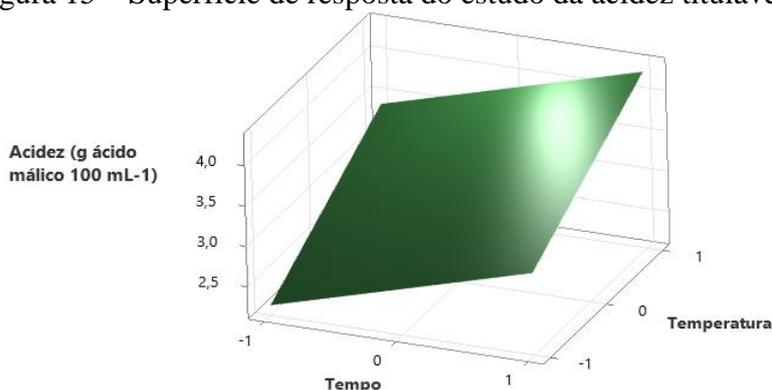
A acidez titulável é a quantidade de ácido de uma amostra que reage com uma base de concentração conhecida (CECCHI, 2003). Logo, esperava-se que a acidez titulável fosse maior para o ensaio 1, uma vez que o pH foi o menor do conjunto. A não correspondência se dá pelos tipos de ácidos que se formam na secagem da maçã, pois, caso fossem ácidos fortes, a diminuição do pH seria mais efetiva.

Valores semelhantes ao do ensaio 1 foram observados por Goularte et al. (2010), que realizaram a desidratação da maçã em estufa, com três diferentes pré-tratamentos. Ao final do trabalho obtiveram 1,10, 1,38 e 1,25 g de ácido málico 100 mL⁻¹, valores próximos ao de Sousa et al. (2018) (1,12 g de ácido málico 100 mL⁻¹) para o chips de maçã.

Ao observar a Figura 17 (p. 30), percebe-se facilmente a diferença nas colorações, ocorridas pelo escurecimento não enzimático, que é tratado como um padrão de qualidade em alimentos que passam por processos de secagem, porém, podem ser desejados em alguns tipos matérias-primas. O escurecimento não é somente um fator estético, e pode estar associado a outros fatores como perdas nutricionais, odores desagradáveis, alteração da textura e aumento de acidez como observado na tabela 5 (p. 25) (SARAIVA et.al, 2011). Ao relacionar os dados da Tabela 5 com a coloração obtida após a secagem via *Air fryer*, percebe-se que, quanto maior o período de secagem e maior a temperatura, mais ocorre o escurecimento não enzimático.

Ao aplicar a modelagem via superfície de resposta, desconsiderando o ensaio 7 (ponto discrepante), obteve-se um ajuste adequado com o modelo linear (Figura 15).

Figura 15 – Superfície de resposta do estudo da acidez titulável



Fonte: própria autora

A Figura 15 deixa claro que a elevação da acidez é diretamente proporcional ao aumento da temperatura e do tempo de secagem, considerando as faixas de estudo. Este comportamento é muito importante para, em trabalhos futuros, prever os níveis de tempo e temperatura considerando limites máximos de acidez. Por sua vez, a equação do ajuste (Equação 5), bem como os parâmetros avaliados estão disponíveis a seguir: fatores principais tempo e temperatura significativos (teste t; $\alpha = 0,05$), modelo sem falta de ajuste ($\alpha = 0,05$) e R^2 ajustado igual a 77,18%.

$$\text{Acidez} = 3,252 + 0,448 * \text{tempo} + 0,584 * \text{temperatura} \quad \text{Eq. (5)}$$

4.5 Teor de sólidos solúveis

Ao realizar a desidratação de alimentos, esperava-se que com a redução do conteúdo de água, ocorresse o aumento do teor de açúcares. Porém, considerando dados da literatura relacionados a maçãs *in natura* (11,0 °Brix (SANTOS, 2013) e 13,8 °Brix (LOPES, 2011)), o teor de açúcares, em °Brix, foi menor (Tabela 6).

Segundo Celestino (2010), processos de caramelização dependem da exposição do alimento a temperaturas iguais ou maiores que 120°C. Assim sendo, esperava-se que os valores fossem maiores para os ensaios 1 e 2, realizados a 100°C. Ou seja, mesmo considerando a temperatura mínima para a caramelização, os maiores teores foram justamente nas condições de caramelização.

Tabela 6 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) das amostras de farinha de maçã

Ensaio	°Brix
1	5,9
2	7,3
3	7,9
4	8,2
5	8,0
6	7,9
7	8,1

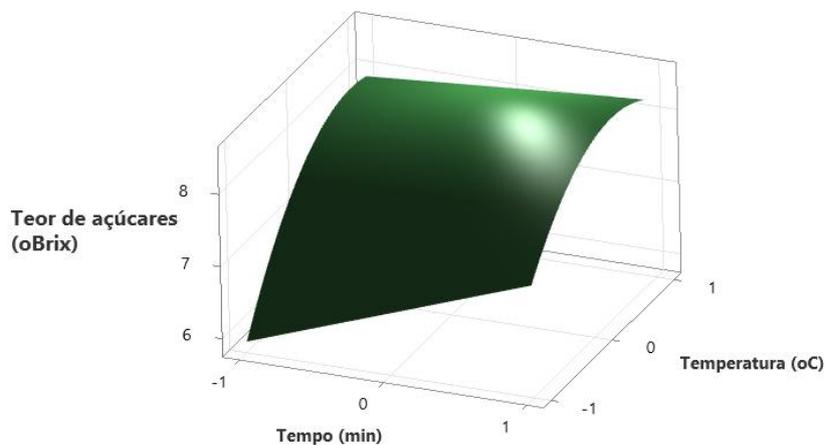
Fonte: própria autora

A hipótese mais provável relacionada ao comportamento atípico é a relação diretamente proporcional do aquecimento e tempo com a hidrólise de polissacarídeos, como a pectina, aumento do teor de oligo e monossacarídeos, como o ácido galacturônico, altamente solúveis em água e responsáveis por maiores valores de °Brix. Canteri et al. (2012) relatam, por exemplo, processos de extração de pectina a partir de resíduos de maçãs.

Assim, considerando a hidrólise de polissacarídeos em paralelo com a influência da caramelização, seria possível fazer uso dos níveis estudados em processos de secagem de maçãs utilizando a *Air fryer*.

Com relação ao planejamento de experimentos por meio de superfície de resposta, o teor de açúcares, em °Brix, apresentou modelagem adequada para o ajuste quadrático (Figura 16).

Figura 16 – Superfície de resposta do estudo do teor de açúcares (°Brix)



Fonte: própria autora

O ajuste apresentou R^2 ajustado igual a 98,47%, todos os parâmetros significativos (teste t, $\alpha = 0,05$), exceto tempo² e a Equação 6, como indicada a seguir.

$$SST=8,0000 + 0,4250*\text{tempo} + 0,7250*\text{temperatura}-0,6750*\text{temperatura}^2 - 0,2750*\text{tempo}*\text{temperatura} \quad \text{Eq. (6)}$$

4.6 Teor de umidade

O processo de secagem é de grande importância, pois é responsável pela redução da umidade da matéria-prima, evitando sua deterioração pela ação de microrganismos e reações indesejadas. No presente trabalho, após os processos de secagem, calculou-se a porcentagem de umidade, em base seca (Tabela 7), de acordo com a Equação 2 (Item 3.10).

Tabela 7 – Porcentagem de umidade, em base seca, das amostras de farinha de maçã

Ensaio	M_i (g)	M_f (g)	% umid. base seca
1	1,0154	0,8719	14,13
2	1,0119	0,9908	2,09
3	1,0290	1,0050	2,33
4	1,0631	1,0457	1,64
5	1,0990	1,0745	2,23
6	1,0929	1,0664	2,42
7	1,0144	1,0105	0,38

Fonte: própria autora

Os valores obtidos para cada amostra de farinha de maçã revela que, com exceção do ensaio 1, todas as amostras apresentaram umidade abaixo de 3% em massa. As porcentagens calculadas se encontram bem abaixo do valor obtido por Scheeren (2012), de 13,11%, que realizou a secagem de maçãs tipo Gala, para produção de farinhas, em secador de bandejas. Moura et al. (2012) obtiveram maçãs desidratadas em estufa com 17,09% de umidade, valor quase seis vezes maior do que os observados na tabela 7. Já pelo método de secagem convectiva da maçã Fuji, Oliveira et al. (2020) obtiveram valor de 3,90% em base úmida e com a liofilização 7,71%. A porcentagem

encontrada na secagem convectiva foi o valor mais próximo aos da tabela 7, mostrando a *Air Fryer* como um eficiente método de secagem.

Silva e Maffei (2022) utilizaram a *Air Fryer* na desidratação das cascas do maracujá e da bergamota e obtiveram valores de umidade de 11,13%, enquanto o forno elétrico forneceu farinhas com 12,14%.

A farinha das maçãs obtidas não são produtos regulamentados por Lei, porém a Resolução da diretoria Colegiada (RDC) da ANVISA nº 263, de 22 de setembro de 2005, estabelece que para a farinha de trigo o teor máximo de umidade aceitável que garante a qualidade do produto é de 15% mm^{-1} . Logo, caso fosse comparada com a Lei, ainda que não regular, mesmo o ensaio 1 com 14,13%, estaria dentro da conformidade.

Ainda observando os dados da tabela 7 é possível discorrer sobre a relação temperatura, tempo e umidade. No ensaio 1 as amostras permaneceram por menor tempo, expostas à menor temperatura, o que conseqüentemente gerou menor perda de umidade.

Já o ensaio 4, de maior tempo e temperatura de secagem, foi o que determinou menor umidade, assim como promoveu maior escurecimento das amostras. De acordo com essa informação, com exceção do ensaio 7 (replicata discrepante), é possível dizer que o maior escurecimento não enzimático (BURDULU e KARADENIZ, 2003) ocorre em paralelo com secagens mais efetivas das maçãs (Figura 17), dados os limites usados no presente estudo.

Figura 17 – Imagem das amostras dos ensaios 4 e 1, respectivamente, antes da moagem



(Ensaio 4)

(Ensaio 1)

Fonte: própria autora

Por fim, os dados de umidade não permitiram ajustes adequados fazendo uso de modelos de superfície de resposta.

4.7 Comparação de gastos de energia elétrica dos equipamentos

Um dos questionamentos levantados durante a realização dos experimentos foi sobre o gasto energético da *Air Fryer* frente a outros processos, como a secagem em estufa. Para tal comparação obteve-se a ficha técnica desses equipamentos. Considerou-se que ambos estariam funcionando em sua potência e temperatura máxima.

Utilizaram-se os modelos comerciais de estufa Bio SED 480L (Figura 18, p. 31), com potência igual a 3000W. Outro modelo foi a estufa desidratadora de alimentos comercial 20 Bander Time (potência 2000W) (Figura 19, p. 31). Já a *Air Fryer* utilizada para secagem das maçãs no presente trabalho tem potência igual a 1100W (Figura 20, p. 31).

Figura 18 – Estufa Bio SED



Fonte: Loja 7Lab, 2022.

Figura 19 – Estufa Desidratadora de Alimentos Comercial 20 Bander Time



Fonte: Lojas Americanas, 2022.

Figura 20 – Imagem da Air Fryer Mondial Pratic



Fonte: Lojas Americanas, 2022.

De acordo com Jucá e Silva (2018) para realizar o cálculo do consumo energético de um aparelho, basta multiplicar o consumo médio em kWh pelo valor da tarifa local cobrada pela concessionária de energia. A Cooperativa Distribuidora de Energia Fronteira Noroeste (COOPERLUZ, 2022) informa que para calcular o consumo em kWh é necessário verificar a potência do equipamento, multiplicar esta potência pelo tempo estimado de funcionamento e dividir por 1000, como mostrado na equação 7 abaixo:

$$\text{Consumo em R\$} = \left(\frac{\text{Potência (W)} * \frac{h}{\text{dia}} * n^{\circ} \text{ dias}}{1000} \right) * \text{valor kWh} \quad \text{Eq. (7)}$$

Segundo a última atualização da concessionária de energia da cidade de Belo Horizonte (Figura 21) onde os experimentos foram realizados, o valor do kWh se encontra em R\$ 0,742.

Figura 21 – Valor do kWh R\$ 0,742, da CEMIG

CEMIG
 Cemig Distribuição S.A. CNPJ 08.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0067
 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

Acesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br
 Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810
 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela
 Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

	Referente a NOV/2022

Valores Faturados		
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)
Energia Elétrica kWh	192	0,74207816

Fonte: própria autora

Fernandes et al. (2018) levaram 10 h para realizar a secagem da maçã tipo Fuji em estufa, enquanto Santos et al. (2019) levaram 9 h para as cultivares Argentina e Verde. No presente trabalho o tempo máximo citado no planejamento foi de 1 hora. Logo, trabalhando com a equação 7, considerando uma média das potências das estufas citadas acima de 2500W, tempo médio gastos pelos autores de 9,5h, e operação de 1 dia, os valores obtidos em reais seriam de R\$ 17,62 e R\$ 0,81 para a estufa e para a *Air Fryer*, respectivamente.

Assim sendo, nas condições estipuladas para os cálculos, o uso de *Air Fryers* não compensam uma vez que as estufas comportam $17,62/0,81 = 21,75$ vezes a massa utilizada na *Air Fryer*, ou seja, 5,44 kg de maçãs *in natura*. Na prática, as estufas de secagem de alimentos podem comportar essa massa, favorecendo seu uso em para grandes produções da fruta desidratada.

Mas, deve-se ter em mente que os cálculos tomaram como base o uso em potência e temperatura máxima. O presente trabalho fez uso de temperaturas abaixo da máxima do equipamento em períodos moderados de aquecimento. Além disso, considerando a realidade de empresas de menor porte, o investimento em uma estufa de desidratação de alimentos é elevado, enquanto as *Air Fryers* têm se popularizado devido, principalmente, ao custo acessível. Portanto, empresas familiares ou pequenas empresas que tenham interesse em incluir a desidratação de maçãs, para a produção e comércio de sua farinha, têm potencial para adquirir unidades de *Air Fryers* para formar linhas de produção das referidas farinhas.

Apesar da comparação com a estufa por ser o processo mais utilizado, a *Air Fryer* poderia ser comparada também aos fornos à gás, e microndas, aparelhos utilizados na desidratação de maçãs.

5. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, conclui-se que o uso da *Air Fryer* permitiu a secagem das maçãs de forma adequada em condição otimizada na temperatura de 120°C por 50 min, considerando o mínimo de perdas de nutrientes via escurecimento não enzimático e de compostos fenólicos totais, devido principalmente aos comportamentos observados nos modelos de superfície de resposta, de forma que os objetivos estabelecidos foram alcançados com sucesso.

Na condição otimizada a umidade, em base seca, foi próxima a 2,3% $m\ m^{-1}$, caracterizando a farinha de maçã como alimento de longo período de conservação, importante para reduzir o desperdício da matéria-prima *in natura*.

Por fim, ao comparar o gasto energético da *Air Fryer* utilizada com estufas comerciais de secagem de alimentos, constatou-se que as estufas têm vantagem, principalmente pelo grande volume de material que comportam. Mas, ainda assim, entende-se que o uso das *Air Fryers* é possível para pequenas empresas, tendo em vista os atuais custos de aquisição destes equipamentos.

6. REFERÊNCIAS

Air Fryer comercial. Disponível em: https://pixabay.com/pt/images/search/air%20fryer/?manual_search=1. Acesso em: 31 out. 2022

Air Fryer Mondial Pratic. Disponível em: https://www.americanas.com.br/produto/3644363384?epar=bp_pl_00_go_ep_d_9105_n_comp_tk2&opn=YSMESP&WT.srch=1&offerId=6107e4c852131c3c81b30c02&gclsrc=aw.ds&gclid=Cj0KCQiAmaibBhCAARIsAKUlaKSXDq7YLnSsnuJIKwIP-jP2zYWK0TQpsmjPOCZa_oVMNi5t5oyD_BkaAkXoEALw_wcB. Acesso em: 06 nov. 2022.

Agropecuária – Brasil – SC – Periódicos. I. EPAGRI. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. II. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2018.

ALEXANDRE, A. D. V. et al. **Perda de massa em hambúrgueres em diferentes meios de cocção**, 2021. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Alimentos) - Escola Técnica Estadual ETEC de Sapopemba (Fazenda da Juta - São Paulo), São Paulo, 2021.

ALMEIDA, Inês; GUINÉ, Raquel; COSTA, Elisa. **Caracterização bioquímica e fúngica de peras e outros frutos secados**. Escola Superior Agrária de Viseu, IPV, Viseu; CI&DETS, Escola Superior Agrária de Viseu, IPV. Viseu, 2010.

AMADEU, S. O; MACIEL, M. D. **A importância da transposição didática no ensino da morfologia vegetal no estudo dos frutos**. Universidade Cruzeiro do Sul. Programa de Pós-Graduação. Revista de Produção Discente em Educação Matemática. São Paulo, 2014.

ANGELO, P. M., & Jorge, N. (2007). **Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão**. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 66(1), 1–9. <https://doi.org/10.53393/rial.2007.v66.32841>

AOAC: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 17th ed., AOAC International, 2006.

ARAÚJO. Rafaela Duarte Almeida. **Alternativas para as etapas de torra e despeliculagem no processo de beneficiamento de amêndoas de castanhas de caju**. 2021. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Programa de Pós - graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

BASSO, Sheila. **Comer uma maçã por dia faz bem? 7 benefícios de investir nessa fruta**. 2017 Disponível em: https://www.conquistesuavida.com.br/noticia/comer-uma-maca-por-dia-faz-bem-descubra-7-beneficios-para-investir-nessa-fruta_a5352/1. Acesso em: 10 out. 2022.

BURDULU, H. S. & KARADENIZ, F. 2003. **Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates**. *Food Chemistry*, 80, 91-97. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602002455#:~:text=In>

%20apple%20juice%20concentrate%2C%20accumulation,acid%20degradation%20and%20Maillard%20reaction. Acesso em: 07 nov. 2022.

CANTERI, M. H. G; MORENO, L; WOSIACKI, G; SCHEER, A. de **P. Pectina,: da Matéria-Prima ao produto final.** Artigo de revisão. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol.22, n2, p.149-157, 2012. Disponível em: <https://www.revistapolimeros.org.br/journal/polimeros/article/doi/10.1590/S0104-14282012005000024>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CARVALHO, G. K. S; FERREIRA, A. B. C; SILVA, H. R. **Analisando a concentração de íons de hidrogênio por meio de logaritmos.** 6º Encontro de Pesquisa e Extensão, 2019.

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos.** Platina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

COELHO, Kelly de Souza. **Determinação da matéria seca de alimentos volumosos úmidos em estufa e em micro-ondas.** 2022. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

COOPERLUZ, Energia para compartilhar. **Como calcular o consumo de energia elétrica de sua unidade consumidora?** Disponível em: <https://www.cooperluz.com.br/tabela-de-consumo#:~:text=Para%20calcular%20o%20consumo%20de,kWh%20do%20equipamento%20por%20dia>. Acesso em: 07 nov. 2022.

CORRÊA, N. G. **Efeito da velocidade de congelamento sobre a liofilização, reidratação e atributos de qualidade de fatias de maçã.** 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2013.

Emater/RS – Ascar. **Família de Cruzaltense Constrói Secador Solar.** Jornal Bom Dia. Disponível em: <https://www.jornalbomdia.com.br/noticia/4081/familia-de-cruzaltense-constroi-de-secador-solar>. Acesso em: 15 out. 2022.

Estufa Bio SED. Disponível em: https://www.7lab.com.br/equipamentos-para-laboratorio/estufa-de-secagem-e-esterilizacao/estufa-de-secagem-e-esterilizacao-digital-de-alta-precisao-7lab-480-l-250-c-220v-com-timer?parceiro=5060&variant_id=617&campaignid=17392559260&adgroupid=&keyword=&network=x&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQiAmaibBhCAARIsAKUlaKQijmBHNq8nxVCKguydMyA_5Ibir2XizWR1uLi7GXz38ZRtV53bJXoaAu2vEALw_wcB. Acesso em: 06 nov. 2022.

Estufa desidratadora de alimentos. Disponível em: https://www.americanas.com.br/produto/4858748124?epar=bp_pl_00_go_aic_d_9102_comp_tk3&opn=YSMESP&WT.srch=1&offerId=6242ade987c00289c2aa678e&gclsrc=aw.ds&gclid=Cj0KCQiAmaibBhCAARIsAKUlaKQrAritXGeEwzV6Lf46S34Um4B6nBk00ks3MEj7J7w1WWd4MoQ4GoUaAgJGEALw_wcB#info-section. Acesso em: 05 nov. 2022.

FERNANDES, A. I.; LÓCIO, C. J. F.; MORAIS, M. S. N.; NUNES, B. R. P. **Análise da cinética de secagem de *Mallus domestica* em estufa**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC'2018. Maceió, 2018.

GOULARTE, V. D. S., ANTUNES, E. C., ANTUNES, P. L. **Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 20, p. 160-163, 2010.

HAN, Luiz Henrique. **Determinação de compostos bioativos de casca de moranga cabotiá in natura e desidratada**. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão do curso (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Rio Grande do Sul, 2019.

HOLDERBAUM, D. F.; KON, T; GUERRA, M. P. **Dynamics of total phenolic content in different apple tissues and genotypes: impacts and relevance for breeding programs**. Scientia Horticulturae. Volume 168, Pages 58-63. Elsevier, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 10 out. 2022

KRETZSCHMAR, Aike Anneliese. **Maçãs: O que você ainda não sabe sobre a atividade**. Revista Campo e Negócios, 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/macac-o-que-voce-ainda-nao-sabe-sobre-a-atividade/>. Acesso em: 15 out. 2022.

LAZZAROTTO, Joelsio José. **Indicadores econômicos e financeiros em sistemas típicos de produção de maçã no Brasil**. Embrapa, Circular Técnica 141. Bento Gonçalves, RS, 2018.

Legislação da maçã: Instrução Normativa MAPA Nº 50, de setembro de 2002. Disponível em: https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/mpfruta/maca/index_legislacao.HTM. Acesso em: 18 out. 2022.

LEITÃO, António Eduardo Baptista. **Estudo de secagem solar de produtos agro-alimentares**. Instituto de investigação científica tropical centro de estudos de produção e tecnologia agrícolas. Lisboa, 1998.

LIMA, R.A. **Estudo de um secador solar de baixo custo para desidratação de alimentos**. 2019. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

LOPES FILHO, J. C. **Aproveitamento da maçã industrial (*Pirus malus*, L.) da região de Guarapuava – PR para produtos alimentícios utilizando tecnologia simplificada**. 1993. 106p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR. MAÇÃ, 2011. Disponível em: <http://www.agrocarnes.com.br/comodities.htm>. Acesso em: 08 nov. 2022.

LOUREDO, Paula Pseudofrutos. O que são os pseudofrutos? Escola Kids. Disponível em: <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/pseudofrutos.htm>. Acesso em: 19 out. 2022.

LOYOLA, Anna Cláudia de Freitas E. **Emprego De Espectrometria De Massas Com Ionização Paper Spray Para Determinação Do Perfil Químico Da Farinha De Casca E De Polpa Da Banana Verde Cavendish (Musa Aaa) E Avaliação Do Seu Potencial Funcional**. Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de pós-graduação em Farmácia. Belo Horizonte, 2019.

Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde / editores técnicos, João Caetano Fioravanco, Régis Sivori Silva dos Santos. – Brasília, DF : Embrapa, 2013. 239 p. : il. – (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

MATTARUGO, NAYRA MENDES DE SOUZA. **Caracterização de maçã Fuji fatiada antes e após a liofilização**. TCC. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Câmpus – Medianeira, 2016.

MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. T. B; ALMEIDA, F. A. C.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. **Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar**. Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, 2015. Use este modelo para artigos.

MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós colheita do pedúnculo do caju**. 1. ed. Fortaleza:EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p.

Merck Millipore. Ácido cítrico. 2021. Disponível em: https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Citric-acid,MDA_CHEM-818707. Acesso em: 24 out. 2022.

MONTEIRO, S. S; MONTEIRO S.S; SANTOS, N .C; BARROS, S. L; CRUZ, O. N; MARTINS, L. P; GOMES, J. P. **Aplicação de processos combinados osmótico e secagem em air fryer em berinjelas condimentadas com hibisco**. Research, Society and Development, v. 9, n. 3, e07932267, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2267>.

MOREIRA, Ivana. Blog Metro World Brasil. **Brasil já é o segundo maior mercado para fritadeiras airfryer: confira os modelos campeões de venda**. Disponível em: <https://www.metroworldnews.com.br/home/2020/06/23/brasil-ja-e-o-segundo-maior-mercado-para-fritadeiras-airfryer-confira-os-modelos-campeoes-de-venda.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

MOREIRA, Rosa. **Saiba como podar macieiras: Princípios básicos**. Revista Agricultura e Mar, 2020. Disponível em: <https://agriculturaemar.com/saiba-como-podar-macieiras-os-principios-basicos/#:~:text=Normalmente%2C%20as%20macieiras%20come%20a%20a,brancas%20embelezam%20o%20seu%20pomar>. Acesso em: 18 out. 2022.

MOURA, Francisca Patrícia Araújo ; NAZÁRIO, Ádila Samyle do Nascimento; LIMA, Maria Aurília de; MOREIRA, Lunian Fernandes; HOLANDA, Natália Vidal de; SOUZA, Pahlevi Augusto de. **Caracterização físico-química de maçãs desidratadas**. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Tocantins, 2012.

NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C.; HOFFMANN, A. **Macieira**. Portal Embrapa, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/575085/macieira>. Acesso em: 18 out. 2022.

Natural da Terra. **Maçã Fuji**. [S.D] [S.L.]. Disponível em: <https://naturaldaterra.com.br/maca-fuji-organica-bandeja-500g.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

NOGUEIRA, Regina Isabel. **Manual para Construção de um Desidratador de Produtos Agroindustriais**. Regina Isabel Nogueira, Félix Emílio Prado Cornejo, Viktor Christian Wilberg. - Rio de Janeiro : Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015.

O Globo. Revista Casa e Jardim. **Maçã verde: especial reúne 7 receitas maravilhosas com a fruta**, 2021. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Comida/Receitas/noticia/2016/09/especial-maca-verde-deslumbrante.html>. Acesso em: 15 out. 2022

OLIVEIRA, M. S. de; SILVA, L; NUNES, T, B; QUADROS, J. S de; IMTHON, N. D; MOURA, C. M. **Desidratação de maçã a partir de diferentes técnicas: avaliação da umidade e variação de cor**. Anais do 11º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, V. 11, N. 1, fev. 2020.

Paraíso das Árvores. **Macieira – Maçã**. 2016. Disponível em: <https://loja.paraisodasarvores.com.br/macieira-mac.html>. Acesso em: 23. out. 2022.

PIMENTEL GOMES, R. Título: **Fruticultura brasileira**. Ano de publicação: 2007. Fonte/Imprensa: São Paulo: Nobel, 2007.

Quitanda Tomio. **Benefícios da maçã argentina para a saúde**. 2022. Disponível em: <https://www.quitandatomio.com.br/produto/beneficios-da-maca-argentina-para-a-saude>. Acesso em: 15 out. 2022.

REBOITA, Michelle Simões et al. **Entendendo o tempo e o clima na América do Sul**. Terra e Didática, v. 8, p. 34-50, 2012. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

Resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78.pdf. Acesso em: 07 nov. 2022.

ROBALLO, Murilo Sergio. **Aplicações de Funções Exponenciais e Logarítmicas: Aplicações da Função Logarítmica**. 2014. 64 folhas. Dissertação -Universidade de Brasília Instituto de Ciências Exatas Departamento de Matemática. Bahia, 2014.

ROESLER, R. et al. **Atividade antioxidante de frutas do cerrado**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROSSO, FERREIRA R.; HAISSA DE OLIVEIRA SAMPAIO, P.; AVELLO CREPALDI, G.; LAUREN DEFERRARI ARROJO FREITAS, M.; CAROLINA JACQUES, A. **Benefícios Quanto A Capacidade Antioxidante De Resíduos De**

Banana, Batata E Cenoura Na Forma De Farinhas. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 13, n. 3, 16 nov. 2021.

SANTOS, L. G. Dos; FERNANDES, A. D. S; DORIGON, M. F. B; SANTOS, M. A. D; GALANTE, R. M; WERLE, L. O. **Comparação Da Cinética De Secagem De Maçã Argentina (Malus Domestica 'Red Delicious') E Maçã Verde (Malus Domestica 'Granny Smith').** Revista A Produção do Conhecimento nas Ciências da Saúde 2. Atena Editora, 2019. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/comparacao-da-cinetica-de-secagem-de-maca-argentina-malus-domestica-red-delicious-e-maca-verde-malus-domestica-granny-smith>. Acesso em: 06 nov. 2022.

SANTOS, M. L.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S.; COSTA, A. P. L. DE M. Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 30 - 37, 11. 2013.

SARAIVA, S.H., JUNQUEIRA, M.S., FERREIRA, A., FERREIRA, M.F.S., PEÑA, W.E.L., SILVA, L.C., TEIXEIRA, L.J.Q. **Estudo do processo de secagem de maçã.** XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alegre, ES, 2011.

SCHEEREN, P. **Aproveitamento de maçãs não-conformes à comercialização na elaboração de pães.** Trabalho de Conclusão de Curso em Química Industrial. Centro Universitário Univates. Lajeado, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p

SILVA, Gilliard ; JUCÁ, Sandro . **Monitoramento online do consumo de energia elétrica utilizando Raspberry Pi.** In: ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DO PIAUÍ (ERI-PI), 4. , 2018, Teresina. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018 . p. 220 - 225.

SILVA, J de. M; MAFFEI, A. **Produção de farinha funcional a partir de cascas e albedos de frutos para aplicação em alimentos.** Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - ISBN 978-65-5360-090-4 - Editora Científica Digital - Vol. 6 - 2022. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220107360.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

SILVA, Luana Maria de Queiroz; Barbosa, Katia Cristina; Locio Camila Joyce Ferreira de; Morais, Maria Suenia Nunes de; Nunes, Bruno Rafael Pereira. **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DE Malus Domestica EM ESTUFA.** Ciências Agrárias, COINTER – PDVAGRO, 2018.

SILVA, P. P. M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização.** 2013. 259 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SOUSA, M. DE; VIEIRA SOARES, M.; GONÇALVES DE OLIVEIRA, E. **Análise de cor de chips de maçã liofilizadas.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 5, n. 2, 14 fev. 2020.

SUÁREZ, S. M. (2021). **Elaboración de chips saludables como alimento funcional por medio de Air fryer, a partir de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum*, *Ullucus tuberosus* y *Oxalis tuberosa***. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade dos Andes. Colômbia, 2021.

TERUEL, M. de. R. et al. **A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying**. Journal of Food Science. Vol. 80, Nr. 2, 2015.

TORALLES, R. P; VENDRUSCOLO, J. L; VENDRUSCOLO, C. T; PINO, F. A. B. Del; ANTUNES, P. L. **Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêsego: efeito da temperatura e concentração**. UFPel, Pelotas – RS, Brasil, 2006.

TREPTOW, R. O.; QUEIROZ, M. I.; ANTUNES, P. L. **Preferência e aceitação de fatias desidratadas de maçãs (*Malus domestica Borkh*)**. Rev. Bras. de Agrociência, v.4, nº 1, 41-46, 1998.

VIEIRA, L. C. **Tipos de maçã: os principais e mais populares em consumo no Brasil**. Revista Agro 2.0, Agronegócios. 2021. Disponível em: <https://agro20.com.br/tipos-maca/#o-que-e-maca>. Acesso em: 22 out. 2022.

VILAR, S. B. de O.; ALBUQUERQUE JUNIOR, N. M.; COELHO, A. B. .; SILVA, J. N. da; BARROS, S. L. .; SILVA, W. P. da . **Evaluation of the Drying Process of Grape cv. Arra 15®**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e32210515050, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15050. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15050>. Acesso em: 31 out. 2022.

ZANELLA, V. **Detalhes de maçãs gala, 2016**. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2794001/macac-gala>. Acesso em: 15 out. 2022.