



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA – UABQ
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE - CES
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Aline Priscila de França Silva

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS FARINÁCEOS
POR DOIS METODOS DE SECAGEM A PARTIR DO MAXIXE (*Cucumis*
***anguria* L.)**

Cuité- PB

2018

Aline Priscila de França Silva

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS
FARINÁCEOS POR DOIS METODOS DE SECAGEM A PARTIR DO
MAXIXE (*Cucumis anguria* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, como forma de obtenção do grau de licenciado em química.

Orientadora: Dra. Ana Regina Nascimento Campos

Co-orientador: Dr. Renato Alexandre Costa de Santana

Cuité- PB

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE
Responsabilidade Rosana Amâncio Pereira – CRB 15 – 791

S586p Silva, Aline Priscila de França.

Produção e caracterização de produtos farináceos por dois métodos de secagem a partir do maxixe (*Cucumis anguria L.*). / Aline Priscila de França Silva. – Cuité: CES, 2018.

51 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2018.

Orientadora: Ana Regina Nascimento Campos.
Coorientador: Renato Alexandre Costa de Santana.

1. Secagem. 2. Forno de micro-ondas. 3. Estufa. 4. Farinha. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 664.641

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS
FARINÁCEOS POR DOIS METODOS DE SECAGEM A PARTIR DO
MAXIXE (*Cucumis anguria* L.)**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, como forma de obtenção do grau de licenciado em química.

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Ana Regina Nascimento Campos
UFCG/CES/UABQ
(Orientadora)

Prof. Dr. Renato Alexandre Costa de Santana
UFCG/CES/UABQ
(Co-orientador)

Profª. Dra. Marisa de Oliveira Apolinário
UFCG/CES/UABQ

Mest. Ana Paula Moisés de Sousa
UFCG/CTRN/UAEA

Cuité/PB

2018

A Deus,
Aos meus pais,
Maria José e José Galdino,
Aos meus irmãos, Alessandro e Roberta,
Obrigada por tudo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que na sua infinita misericórdia, sempre me deu força e coragem para conseguir chegar até aqui, sem Ti, nada sou. A Deus, toda honra e toda glória para sempre.

Aos meus pais, os melhores que uma pessoa poderia ter, sempre foram meu porto seguro, me deram apoio, amor, companheirismo e muita dedicação, amo vocês. Mainha e Paim, obrigada por serem tão especiais e tão maravilhosos.

A minha irmã Roberta, obrigada em especial, por acreditar em mim, até quando eu mesma não acreditei, quando achei que não ia conseguir, você juntamente com nossa mãe, acreditaram em mim e são os motivos de hoje, eu conseguir, vou ser eternamente grata, nunca esquecerei o que fizeram por mim.

Ao meu irmão Alexsandro, minha cunhada Osmana e minha sobrinha Laura Cecília, sem dúvidas vocês foram e são muito especiais para mim, obrigada por tudo, pelo esforço em me ajudar, pela cumplicidade, amor e por estarem sempre presente.

Aos meus amigos do LBBA, uma família que Deus me deu de presente, Ana Paula, Daniel, Danilo e Jaciara, vocês foram muito importantes para mim durante esse percurso, obrigada por toda ajuda, por todo o aprendizado e acima de tudo, por toda amizade sincera de cada um de vocês, serão para sempre, minha segunda família.

Aos colegas de curso, Jaqueline, Renata, Tamara, Adriano, Adrielly, Denilson, Gideão, Moab e Luís, vocês foram a melhor turma que poderia ter, companheiros, amigos, viveram junto comigo momentos bons, ruins, porém nunca perdemos a fé nem desanimamos, obrigada gente, vocês são nota dez.

A minha professora e orientadora Ana Regina, obrigada por ser a melhor orientadora do CES, mais que professora, amiga! Como sempre falo, Deus me deu de presente pais na universidade, que se preocupam e protegem, obrigada, Professora Ana e professor Renato, por toda atenção, sempre me encorajando e por toda disponibilidade independente do dia e hora, minha eterna gratidão a vocês.

Agradeço a **UFCG/CES**, pelo acolhimento, a todo o corpo docente e ao curso de licenciatura em Química por todo aprendizado e formação.

E por fim agradeço ao apoio e contribuição do CNPq (PIBIC/CNPq-UFCG) pelo auxílio financeiro durante a graduação, que me proporcionou inteira doação aos estudos.

“Quando você quer alguma coisa, todo o universo conspira para que você realize o seu desejo”

Paulo Coelho

RESUMO

A hortaliça *Cumumis anguria* L. conhecida popularmente por maxixe é originária do continente africano e adaptou-se bem as condições edafoclimáticas do nordeste brasileiro. Por ser uma cultura sazonal não se encontra disponível o ano inteiro, e apresenta perecibilidade elevada. O processo de secagem aumenta a vida útil desse produto, diminui custos com armazenamento e transporte. O objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma farinha originada do fruto do maxixe, através do processo de secagem em estufa e forno micro-ondas (FMO), para posterior utilização em produtos alimentícios. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (UFCEG/CES). Para a secagem, o maxixe foi cortado e picado em pequenos pedaços. Na estufa, o tempo de secagem para a obtenção da farinha ocorreu durante 10 h, na temperatura de 60° C, ao final a amostra apresentou um teor de água de 11,79%. No FMO, foi adotada uma rampa de aquecimento para obtenção da farinha, constituída de 5 ciclos de 5 min, 3 ciclos de 2 min e 1 ciclo de 1 min, totalizando 32 min, na potência de 50%, ao final do processo de secagem as amostras apresentaram um teor final de água de 13,9%. Os teores de água alcançados são compatíveis com os parâmetros exigidos pela legislação para farinhas de origem vegetal estando abaixo de 15%. As farinhas obtidas passaram por análises físicas e químicas de teor de água, atividade de água, pH, sólidos solúveis totais, resíduo mineral fixo e proteína bruta. A obtenção de farinha de maxixe é uma alternativa eficaz, produz um produto de qualidade e ajuda a reduzir as perdas pós-colheita dessa hortaliça, não há perda das características físicas e químicas ao longo dos processos de secagem, mostrando assim a eficácia da produção.

Palavras-chave: Secagem, Forno de micro-ondas, Estufa, farinha.

ABSTRACT

The vegetable *Cumumus anguria* L. popularly known by Maxixe originates from the African continent and has adapted well to the edaphoclimatic conditions of the Brazilian northeast. Being a seasonal crop is not available the whole year, and presents high perishability. The drying process increases the shelf life of this product, reduces storage and transportation costs. The objective of this work was the elaboration of a flour originated from the fruit of the maxixe, through the drying process in oven and microwave oven (FMO), for later use in food products. The experiments were carried out at the Laboratory of Biochemistry and Food Biotechnology (UFCEG / CES). For drying, the maxixe was chopped into small pieces. In the oven, the drying time to obtain the flour occurred for 10 h at 60 ° C, at the end the sample had a water content of 11.79%. In the FMO, a heating ramp was adopted to obtain the flour, constituted of 5 cycles of 5 min, 3 cycle of 2 min and 1 cycles of 1 min, totalizing 32 min, in the power of 50%, at the end of the drying process the samples had a final water content of 13.9%. The water content achieved is compatible with the parameters required by the legislation for flours of vegetable origin, being below 15%. The obtained flours underwent physical and chemical analysis of water content, water activity, pH, total soluble solids, fixed mineral residue and crude protein. The production of maize flour is an effective alternative, produces a quality product and helps to reduce the post-harvest losses of this vegetable, there is no loss of physical and chemical characteristics throughout the drying processes, thus showing the efficiency of the production.

Keywords: Drying, Microwave oven, Greenhouse, flour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Morfologia do Maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.)	17
Figura 2: Ciclo de vida do maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.)	17
Figura 3: Cultivo da hortalixa <i>Cucumis anguria</i> L. (A); na figura B, início de estado maturação própria para o consumo.....	18
Figura 4: Frutos cortados prontos para secagem.....	23
Figura 5: Posição dos béqueres no prato do Forno Micro-ondas.....	28
Figura 6: Cinética de secagem do maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) para o corte em rodela nas temperaturas de 40, 60 e 80°C com ajuste matemático do modelo de Page.....	35
Figura 7: Cinética de secagem do maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) para o corte picado nas temperaturas de 40, 60 e 80°C com ajuste matemático do modelo de Page.....	35
Figura 8: Maxixe após processo de secagem em Estufa. Corte em rodela (A), corte picado (B).....	36
Figura 9: Mapeamento para aquecimento simultâneo dos béqueres. A) prato fixo B) prato girando.....	37
Figura 10: Mapeamento de aquecimento individual dos béqueres. A) prato fixo B) prato girando.....	37
Figura 11: Curva de calibração da potência do forno de micro-ondas.....	39
Figura 12: Curvas de aquecimento da água no forno de micro-ondas.....	39
Figura 13: Maxixe após processo de secagem em FMO. Corte em rodela (A), corte picado (B).....	40
Figura 14. Farinhas de Maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) obtidas por dois métodos de secagem: Estufa (A) e FMO (B).....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos de regressão não-linear aplicados às curvas de secagem de resíduos de frutas.....	26
Tabela 2: Biometria e valores de massa dos frutos do maxixe.....	31
Tabela 3: Resultados estatísticos obtidos dos modelos matemáticos das curvas de cinética de secagem do maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) para o corte em rodela em diferentes temperaturas.....	32
Tabela 4: Resultados estatísticos obtidos dos modelos matemáticos das curvas de cinética de secagem do maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) para o corte picado em diferentes temperaturas...	33
Tabela 5: Potência teórica e potência real do forno micro-ondas.....	38
Tabela 6: Parâmetros físicos e químicos, do maxixe <i>in natura</i> e das farinhas obtidas em Estufa e FMO.....	41
Tabela 7: Valores dos minerais encontrados para o maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.) <i>in natura</i> ..	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Aspectos Gerais.....	16
3.2 Secagem.....	19
3.3 Produto farináceo.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 CARACTERIZACAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO MAXIXE.....	23
4.1.1 Caracterização física do maxixe <i>in natura</i>	23
4.1.2 Determinação da Atividade de água	24
4.1.3 Determinação de teor de água.....	24
4.1.4 Determinação de pH.....	24
4.1.5 Determinação de Sólidos Solúveis.....	25
4.1.6 Determinação do Resíduo Mineral.....	25
4.1.7 Determinação de Proteína Bruta.....	25
4.1.8 Determinação de minerais EDX.....	25
4.2 CINÉTICA DE SECAGEM PARA ESTUFA	26
4.2.1 Modelos Matemáticos.....	26
4.2.2 Obtenção do produto farináceo a partir da secagem em Estufa.....	27
4.3 FORNO DE MICRO-ONDAS.....	27
4.3.1 Mapeamento térmico do forno de micro-ondas	27
4.3.2 Mapeamento através da verificação da temperatura da água	27
4.3.3 Calibração da potência real de trabalho do forno de micro-ondas.....	28
4.3.4 Verificação da reprodutibilidade	29
4.3.5 Obtenção do produto farináceo a partir da secagem em FMO.....	29
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MAXIXE <i>in natura</i>	31
5.2 CINÉTICA DE SECAGEM PARA ESTUFA	32
5.2.1 Elaboração da farinha de maxixe em estufa	36
5.3 MAPEAMENTO FMO.....	37
5.3.1 Mapeamento térmico do forno de micro-ondas.....	37

5.3.2 Calibração da potência real do forno de micro-ondas	38
5.3.3 verificação da reprodutibilidade do forno de micro-ondas	39
5.3.4 Elaboração da farinha de maxixe em forno de micro-ondas.....	40
5.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DAS FARINHAS DE MAXIXE OBTIDAS POR DOIS MÉTODOS DE SECAGEM.....	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Secagem é a operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Esse conceito também se aplica a operação de evaporação, que é a concentração de soluções líquidas (EMBRAPA, 2010). O processo de secagem permite conservar e reduzir o teor de água do produto, possibilitando o aumento de sua vida útil e facilitando o armazenamento por maior período de tempo (PRETTE, 2012). A secagem deve ser monitorada e ajustada para que ocorra de maneira uniforme, evitando elevadas variações de teor de água e temperatura no interior do material, suscetíveis a ocorrer à perda da qualidade do produto (FARIAS et al., 2002).

O método de secagem e o uso de secadores dependem em geral dos níveis de produção e da qualidade do produto que se deseja obter. Alguns equipamentos podem ser utilizados para facilitar esse processo, é o caso de secadores, como a estufa, que consiste na aplicação do calor produzido artificialmente em condições de temperatura, umidade e corrente de ar controlado. A secagem por estufa com corrente de ar ou também denominada de secagem convectiva de ar quente é o método mais comum na secagem de alimentos (GUINÉ, PINHO; BARROCA, 2011) e a sua maior vantagem é a possibilidade de controle da temperatura e velocidade do ar de secagem, além de ser uma técnica de custo relativamente baixo e operação simples (SILVA et al., 2016).

O interesse na obtenção de alimentos desidratados de qualidade é incentivado pela crescente demanda deste tipo de produto. Só o mercado de sopas desidratadas, por exemplo, cresceu 80% entre os anos de 2005 e 2007 e ainda existe espaço para crescimento maior, já que o consumo de sopas desidratadas é tímido se comparado ao de macarrões instantâneos. Sendo assim, a preocupação em reunir especificações de qualidade e conservação da energia incentiva à busca de uma profunda compreensão do funcionamento e dos problemas relacionados com a concepção e operação de desidratação e reidratação de vegetais (ROSA, 2010).

O maxixe (*Cucumis anguria* L.) é uma hortaliça que pertence à família Cucurbitacea, como as abóboras, pepino, melão e melancia. Os frutos são fonte de sais minerais, principalmente zinco, e têm poucas calorias. De acordo com dados do IBGE, o consumo de maxixe, na média nacional, ainda é muito baixo, com aquisição *per capita* em torno de 0,067 kg ano⁻¹, sendo os maiores índices de aquisição nas regiões Norte e Nordeste, com 0,172 e 0,130 kg ano⁻¹ (IBGE, 2012). O aproveitamento desta hortaliça para fabricação de conservas é

uma estratégia para despertar o interesse para sua exploração agroindustrial (NASCIMENTO, NUNES e NUNES, 2011).

O maxixe é um alimento altamente perecível, como a maioria das hortaliças e frutas, sendo necessária a investigação de métodos de processamento que conservem as propriedades do produto por mais tempo (VALDÉS et al., 2015).

Cultivado por índios e caboclos, o maxixe, de origem africana, ao longo do tempo mostra variação para várias características, sejam elas qualitativas, sejam quantitativas. O Estado do Amazonas concentra a maior parte dessas populações, que estão se tomando silvestres, uma vez que não dependem mais do homem para a sua dispersão e representa germoplasma potencial para estudos de variabilidade genética, pois a seleção natural e a seleção dos próprios agricultores foram a base da variação atualmente encontrada (LOPES, 2015). A produção de sementes de maxixe no Brasil é considerada baixa quando comparada com a de outras hortaliças. Alguns entraves contribuem para o aumento nos custos de produção desta cultura, entre eles, a utilização de sementes locais, obtidas de plantas espontâneas que aparecem nos cultivos tradicionais como feijão e hortas domésticas (TEIXEIRA, 2012).

As farinhas de origem vegetal são geralmente alimentos ricos em fibras e se prestam muito bem como alternativa à redução da alta perecibilidade dos produtos *in natura*, uma vez que seu processamento resulta num produto com maior tempo de vida útil para o consumo, podendo ser mantido à temperatura ambiente por mais tempo que o produto original, além de manter suas propriedades nutricionais e maior disponibilidade para o consumidor (MATTOS, 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Obter uma farinha originada do fruto do maxixe (*Cucumis anguria* L.), por diferentes métodos de secagem, para posterior utilização em produtos alimentícios.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicamente fruto do maxixe;
- Estudar a cinética de secagem do fruto do maxixe em estufa de circulação de ar, nas temperaturas de 40, 60 e 80° C e ajustar modelos matemáticos os dados experimentais;
- Estudar diferentes modelos de corte do maxixe para observar qual melhor forma a ser usado;
- Executar mapeamento térmico do forno de micro-ondas por meio da variação da temperatura de água;
- Calcular a potência real de trabalho do forno de micro-ondas;
- Verificar a reprodutibilidade dos resultados obtidos utilizando o forno de micro-ondas;
- Obter farinha a partir do fruto desidratado do maxixe, utilizando (estufa e forno micro-ondas);
- Realizar análises físicas e químicas na farinha do maxixe obtidas pelos dois processos de secagem;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

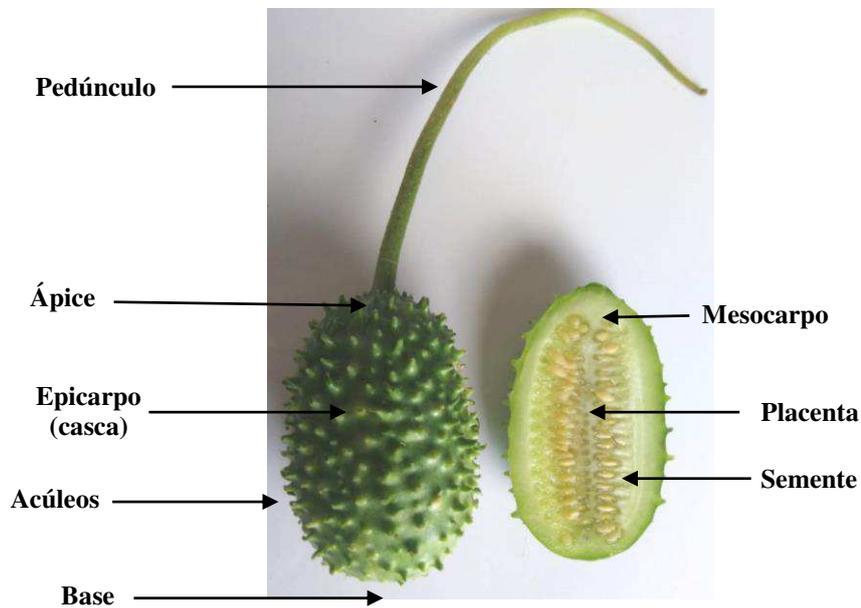
3.1 Aspectos gerais

A família Cucurbitacea possui aproximadamente 130 gêneros e 900 espécies. São representadas por 02 subfamílias: Nhandioboideae, com uma tribo (Zanonieae); e Cucurbitoideae, com 10 tribos (Jolifficeae, Brynonieae, Trichosantheae, Herpetospermae, Schizopeponeae, Luffeae, Sicyeae, Coniandreaea, Benincaseae e Cucurbiteae) (LIMA, 2010). Atualmente são reconhecidas 156 espécies de Cucurbitaceas, distribuídas em 30 gêneros para o Brasil. Deste levantamento 52 espécies, reunidas em 22 gêneros, são citadas para a região nordeste do Brasil (GOMES-COSTA; ALVES, 2012).

Em meio às cucurbitaceas, existem diferentes variedades de maxixe, onde podemos destacar o maxixe comum (*Cucumis anguria* L.) as variedades de maxixe mais conhecidas são: *Cucumis anguria* L., seguida do maxixe paulista, que é uma variedade resultante do cruzamento entre *Cucumis anguria* L. e *Cucumis longipes* Hook (MODOLO; COSTA, 2003); e o maxixe-do-reino ou peruano, *Cyclanthera pedata* (L.) Schrad, este último encontrado no Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Argentina e Peru (NASCIMENTO; NUNES; SILVA, 2010).

O maxixe (*Cucumis anguria* L.) é uma hortaliça originária da África e amplamente distribuída nas regiões norte, nordeste e sudeste do Brasil (LIMA, 2009). Em outros países o maxixe recebe diferentes denominações como: na Venezuela é conhecido como pepino silvestre; em países de língua inglesa por bur cucumber, cucumber, bur gherkin, gherkin e West Indian gherkin (maxixe das Índias Ocidentais) (YOON; CHUNG; THIRUVENGADAM, 2015); por Gurkee West-indische na Alemanha e na e França Concombre-des-Antilles (CORRÊA, 1974; STASI; HIRUMA-LIMA, 2002). O cultivo ocorre predominantemente de forma espontânea, sem nenhum aparato tecnológico, sendo comum encontrar a espécie em meio à cultura de subsistência em áreas rurais (MEDEIROS et al. 2010). Trata-se de uma cultura sazonal e não se encontra organizada em cadeias produtivas (BRASIL, 2010). Por ser uma cultura rudimentar resulta na obtenção de frutos sem qualquer uniformidade ou padronização, o que é desfavorável quanto aos aspectos mercadológicos, implicando em uma variedade no formato, peso, coloração, presença ou não de espículos, tamanho dos frutos entre outros atributos. Na figura 1, observa-se a morfologia do fruto do maxixe.

Figura 1: Morfologia do Maxixe (*Cucumis anguria* L.)



Fonte: Dados da pesquisa

É uma espécie de clima quente, suporta altas temperaturas e pluviosidades, o ciclo é entorno de 70 dias, prefere solos arenosos ou arenoargilosos, com pH entre 5,0 e 6,0 e sendo considerada uma espécie bastante rústica, resistente a pragas e doenças, no entanto, pode ter sua produtividade e qualidade afetadas por ação de vários micro-organismos com fungos, bactérias, vírus, nematóides e oomicetos (REIS et al., 2015). Na figura 2, pode-se observar as fases de crescimento do fruto, onde ele inicia seu ciclo como uma flor, e dela se desenvolve até ficar verde, o estado de maturação perfeito para o consumo.

Figura 2: Ciclo de vida do maxixe (*Cucumis anguria* L.)

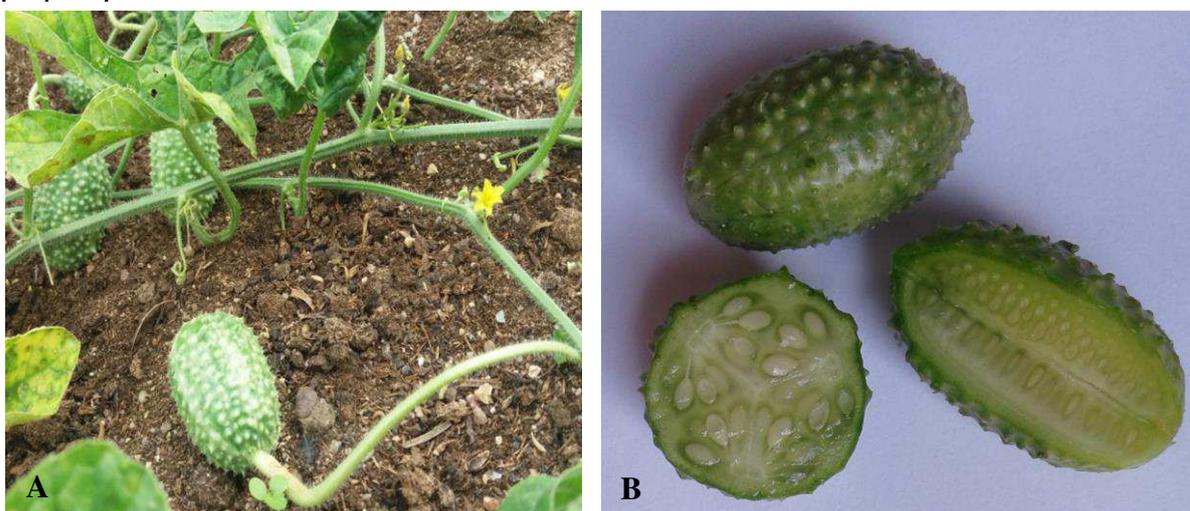


Fonte: Dados da pesquisa

Pio Correia (1974) descreve o *Cucumis anguria* L. como sendo uma planta anual, com caule rasteiro, ramificado, anguloso, áspero; folhas com comprimento variando de 8-10 cm,

hispida no dorso, com base emarginada, profundamente lobada em número de 5; pecíolo delicado, anguloso, glabro, com 1 a 2 mm de comprimento; antera 2 mm com o conectivo apendiculado; flores femininas, com pedicelo cilíndrico, estaminódio liguliforme, com 1-2 mm de comprimento; ovário ínfero oblongo, muricado; estilete com 1 a 2 cm de comprimento com estigmas coniventes; fruto ovóide, aculeado, concolar ou com faixa branca longitudinal, na maturidade apresenta cor amarelo claro; sementes albas pequenas. As sementes são numerosas e desprovidas de endosperma (FERNANDES, 198?). Um estudo de germoplasma 7 (QUEIROZ, 1993), identificou três tipos de maxixe para o nordeste: um liso, um com espículos esparçados e grossos e um com espículos mais adensados e finos. Na figura abaixo pode-se ver essas características da planta.

Figura 3. A) Cultivo da hortaliça *Cucumis anguria* L.; B) Início de estado de maturação próprio para o consumo.



Fonte: Dados da pesquisa

O maxixe é fonte de sais minerais, principalmente zinco, e tem poucas calorias (NUNES, 2011). Apresenta propriedades medicinais, como ação emoliente, anti-helmíntica, anti-hemorroidal, antiemética e laxativa. Por ser rico em zinco, evita doenças na próstata, auxilia na redução do colesterol e na cicatrização de ferimentos internos e externos (BRASIL, 2008).

O consumo do maxixe pela população brasileira é muito baixo, seja cozido na maxixada, no feijão ou cru na salada, segundo o IBGE (2010) a aquisição domiciliar per capita dessa hortaliça pela população no período 2008-2009 foi de 0,067 Kg, com uma significativa redução quando comparada ao período 2002-2003 (IBGE, 2003) cuja quantidade foi de 0,108 Kg. Estudos do Ministério da Agricultura apontam o maxixe como hortaliça não convencional, ou seja, como espécie comum entre determinadas populações, de importância

sociocultural, que já foi muito utilizada e está sofrendo redução no cultivo, no consumo e perdendo espaço para hortaliças mais comerciais ou produtos industrializados, e não está organizada em cadeias produtivas (BRASIL, 2010).

Conforme o censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2004), foram produzidos 33.722 ton. De maxixe no país, desse total apenas 178 ton. foram destinados à indústria para transformação ou beneficiamento. Esse dado reforça o quanto incipiente tem sido a exploração dessa matéria-prima pelo setor agroindustrial entre todos. A maioria foi cultivada em pequenas áreas agrícolas, por pequenos produtores rurais. Nesse contexto o maxixe encontra-se no rol das hortaliças não-convencionais, que possui significativo potencial bioproductor, podendo ser alvo de políticas para estimular o cultivo, consumo e novas formas de utilização desse vegetal.

3.2 Secagem

O processo de secagem utiliza ar quente para a transferência de calor para o alimento e a consequente vaporização da água contida nesse, ocorrendo a desidratação. A secagem pode ocorrer à pressão atmosférica ou à pressão reduzida em equipamentos conhecidos como secadores a vácuo. A capacidade do ar para eliminar água de um alimento depende, principalmente, de sua temperatura e de sua umidade relativa (EMBRAPA, 2010). As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais se tem: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK, 2001).

A desidratação além de concentrar e manter o valor nutritivo dos produtos facilita o transporte, manipulação e preparo. A aplicação dessa tecnologia para a conservação da polpa de cupuaçu proporcionará maior aproveitamento da polpa, por método mais acessível e de baixo custo, pela agricultura familiar (MOREIRA, 2011). A secagem de um material ocorre por meio de um fluxo de energia e massa, quando um produto é posto em contato com o ar quente, o calor (energia) do meio externo é conduzido para o interior do material por difusão da temperatura, paralelamente forma-se um gradiente de pressão das moléculas de água do interior dos tecidos para a superfície, parte deste calor serve para vaporizar a água da superfície do material, a diferença de pressão parcial do vapor d'água entre o ar e a superfície estabelece a transferência de matéria para o ar, na forma de vapor (massa) (PARK et al.,

2007). Alguns equipamentos são utilizados para facilitar esse processo, é o caso de secadores, como a estufa e as micro-ondas.

O processo de secagem em estufa consiste na aplicação do calor produzido artificialmente em condições de temperatura, umidade e corrente de ar controlado. É uma técnica de custo relativamente baixo, porém, pode provocar alguns danos como perdas de vitaminas e outros componentes (MENEZES, 2009). A secagem por estufa com corrente de ar ou também denominada de secagem convectiva de ar quente é o método mais comum na secagem de alimentos (GUINÉ, PINHO; BARROCA, 2011). A secagem oferece as seguintes vantagens ao produto: permanência dos constituintes aromáticos por longos períodos em temperatura ambiente; fácil conservação; confere proteção contra aos processos de degradação enzimática e oxidativa; reduz o peso; dispensa refrigeração resultando em economia de energia; e maior disponibilidade para o mercado consumidor, eliminando a sazonalidade, comum entre produtos agrícolas (PARK; BIN; BROD, 2003; SANTOS et al., 2010).

O processo de secagem é representado pelo comportamento das curvas de secagem, que são reproduções gráficas dos dados de TA média da amostra em função do tempo, obtidos experimentalmente. Sendo assim, a cinética de secagem relaciona a velocidade com que um material perde TA, dependendo de variáveis específicas: temperatura, velocidade do ar de secagem e umidade relativa do ar, com o tempo do processo. (ANDREOLA, 2013; LEITE et al., 2016). A cinética de secagem de alimentos vegetais depende da temperatura, pressão e tamanho da amostra (CHU; CHOU, 2004). Temperatura de secagem sem um bom controle pode implicar num produto final com alterações indesejáveis quanto à aparência, cor, textura e no teor de nutrientes (SHIGEMATSU et al., 2005). Os modelos matemáticos são importantes, pois representam, satisfatoriamente, a perda de água durante o processo de secagem e informam a predição dos tempos de secagem, além de contribuir para o desenvolvimento de possíveis equipamentos que melhorem esse processo (SILVA; ALVES, 2009).

Na secagem de produtos assistida por FMO, a remoção do teor de água é rápida, devido à presença de água no material ser o principal responsável pela geração interna de calor (ANDREOLA, 2013). Portanto, a secagem em FMO promove uma absorção preferencial das micro-ondas (MO) pelas moléculas de água, pelo aquecimento focalizado, o que torna a aplicação desta energia conveniente, por exemplo, em processos de secagem de alimentos (PEREIRA, 2007). A utilização de forno de micro-ondas (FMO) no estudo científico apresentou seus estudos iniciais na década de 70, tendo como aplicação inicial na

dessorção térmica, conservação de compostos voláteis no processo de secagem, estudo cinético, onde posteriormente foi visto para utilização no meio alimentício (SANSEVERINO,2002). Os FMO essencialmente são constituídos de: Magnetron – responsável por gerar as micro-ondas. Guia de ondas – possui paredes refletoras que direcionam as micro-ondas geradas no magnetron para a parte interna do forno. Caverna – parte interna do forno, na qual as amostras são irradiadas; para um bom aproveitamento de energia micro-ondas (MO), nesse espaço há paredes metálicas refletoras, que devem ser seladas garantindo proteção ao operador no caso de possíveis vazamentos (BARBOZA et al., 2001).

Os princípios envolvidos no aquecimento por micro-ondas envolvem conceitos químicos, como: temperatura, capacidade calorífica, ligação química, estrutura molecular, momento de dipolo, polarização, constante dielétrica, etc (BARBOZA et al., 2001). A secagem por FMO utiliza-se como base o uso de ondas eletromagnéticas que incidem diretamente na água presente no material devido às características polares da mesma, na qual a característica polar da água favorece a rotação da molécula ao ser colocada em um campo eletromagnético,tendo esse processo ocorrendo em tempos distintos dependendo da umidade do alimento, quanto maior a umidade inicial do material, maior será a produção de calor e conseqüentemente mais rapidamente será a secagem do material (QUEIROGA,2012). O método de secagem por FMO é um método que apresenta diferença da metodologia tradicional de secagem em estufa que utiliza ar quente na secagem do alimento e que acaba causa perda de grande parte dos componentes voláteis do material (FUMAGALLI,2003).

3.3 Produto Farináceo

A crescente preocupação com os impactos ambientais e o elevado índice de desperdício causado pelas indústrias de alimentos tem levado a busca de alternativas viáveis de aproveitamento desses resíduos para geração de novos produtos para consumo humano, o aproveitamento dos subprodutos da agroindústria diminui os custos da produção e aumenta o aproveitamento do alimento além de reduzir o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente (GARMUS, 2009). O aproveitamento de resíduos de um processo, como um insumo, para outro processo produtivo, evita a utilização de recursos cada vez mais escassos, como os alimentos, reduz os custos socioambientais e melhora os resultados em termos de eficiência econômica. No caso do aproveitamento de resíduos agroindustriais os resultados são benéficos em todas as demandas, pois economicamente,

viabiliza-se a utilização de um resíduo que poderia gerar custos à empresa, ambientalmente reduz-se o impacto do descarte deste resíduo e socialmente reduz a utilização de alimentos na produção de insumos ou na geração de energias (MENEZES, 2013).

A elaboração de farinhas diferenciadas, já se mostra bem explorada pela indústria, uma vez que a alta nos preços do milho, trigo, soja e leite comprometem a alimentação das pessoas mais carentes e força a procura por alimentos alternativos (RIBEIRO, 2010). A transformação destes resíduos em pós-alimentícios ou farinhas, que além de possuírem diversos componentes, tais como: fibra, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, apresentam efeitos benéficos à saúde, podendo auxiliar na prevenção de diversas doenças crônicas não transmissíveis (BRENNAN, 2006). Para ser considerada farinha, o produto final deve apresentar um teor de água (TA) inferior ao teor de 15 %, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 1996).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos e Laboratório de Eletroquímica e corrosão da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CES/UABQ).

O maxixe (*Cucumis anguria* L.) foi a hortaliça escolhida para que a partir dela seja produzida sua farinha. Os frutos utilizados nos experimentos foram adquiridos na zona rural da cidade de Nova Floresta-PB; com cuidado de que os frutos sempre estivessem verdes no mesmo estágio de maturação e de boa qualidade para o consumo.

Para o processo de secagem, foi utilizado um forno micro-ondas (FMO) doméstico da marca Eletrolux, modelo MEF 28, 220 V, capacidade de 18 L, potência de 700 W e frequência das micro-ondas de 2450 MHz, e uma Estufa de circulação de ar.

Para a execução de todos os experimentos em FMO, foram utilizados béqueres de polipropileno, pois não absorvem significativamente energia de micro-ondas. Antes da iniciação dos testes no FMO foi realizado um mapeamento térmico da cavidade do forno, para o cálculo da potência real de trabalho e testes de reprodutibilidade para um real resultado.

Para as secagens foram adotados cortes distintos, para classificar um melhor corte para reprodução da farinha, foi realizado o corte em rodela (sentido transversal do fruto) e o corte picado (pequenos pedaços). Ambos os cortes foram submetidos à secagem em estufa (figura 4A) e FMO (figura 4B).

Figura 4: Frutos cortados prontos para secagem.



Fonte: Dados da pesquisa

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO MAXIXE

4.1.1 Caracterização física do maxixe *in natura*

Foram selecionados alguns frutos e neles realizadas medições com paquímetro digital para verificar seu comprimento e diâmetro, para o comprimento a leitura foi realizada de uma

extremidade a outra do fruto na posição vertical e para o diâmetro na posição horizontal e sua leitura realizada em milímetro; também foi verificada sua circunferência, que foi realizada com o uso de uma fita métrica, onde foi medida a região central do fruto da posição vertical, tendo o resultado em centímetros; e a densidade foi realizada com base no cálculo da massa dividida pelo volume, onde o maxixe foi pesado e medido seu volume em uma proveta com água; por fim foram realizadas as pesagens dos frutos, iniciando com o peso total, logo após, o fruto foi aberto para retirada das sementes para realizar a segunda pesagem, depois ele foi despulpado para pesagem da casca e da polpa e no final fazendo a diferença do peso inicial com o segundo peso se foi verificado o peso da semente de cada fruto analisado, pesos esses determinados em balança digital semi-analítica, Scientech SA 210 e, os resultados expressos em gramas.

4.1.2 Determinação da Atividade de Água (a_w)

A atividade de água foi determinada por meio de leitura direta em higrômetro a 25 °C.

4.1.3 Determinação do teor de água (TA)

Para realizar a determinação do teor de água foi seguido à metodologia adotada pelo instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). Para realização desta análise foram pesadas quantidades significativas de amostras do maxixe *in natura*, as análises foram realizados com o maxixe picotado, em fatias (aproximadamente 2 mm de espessura) e cortados em quatro partes. Inicialmente as vidrarias foram deixadas em estufa com o objetivo de não adsorverem umidade ao serem pesadas. Registrada a massa de cada vidraria, cada forma de corte foi pesada em triplicata e levadas a estufa a 105 °C por 24 h, após o tempo previsto, as amostras foram colocadas em um dessecador para resfriamento para assim ser realizado o peso final para conclusão do teor de água.

4.1.4 Determinação de pH

A determinação do pH foi realizada conforme metodologia adotada pela IAL (2008). Para determinar o pH, foi pesado 5 g do material, logo após foi adicionado 50 mL de água destilada em um béquer e realizado a leitura direta colocando as amostras no aparelho de pHmetro da Marca Metrohm 744 pH METER.

4.1.5 Determinação de Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os sólidos solúveis totais foram determinados por leitura direta em refratômetro, com os resultados expressos em % SS (g/100g), conforme metodologia descrita por (IAL, 2008).

4.1.6 Determinação do Resíduo Mineral Fixo(RMF)

O método está baseado na determinação a perda de peso do material submetido à queima em temperatura de 550°C. A determinação de cinzas permite verificar a adição de matérias inorgânicas ao alimento.

A perda de peso fornece o teor de matéria orgânica do alimento. A diferença entre o peso original da amostra e o peso de matéria orgânica fornece a quantidade de cinza presente no produto. O percentual de cinzas na amostra foi determinado utilizando-se metodologia adotada (IAL, 2008).

4.1.7 Determinação de Proteína Bruta (PB)

A determinação do percentual de proteína bruta foi realizada através do método semi-micro Kjeldahl, conforme metodologia adotada por Tedesco et al. (1995). O método Kjeldahl determina a matéria nitrogenada total de uma amostra. A base do processo é o deslocamento do nitrogênio presente na amostra, transformando-se em sal amoniacal. Em seguida, do sal obtido, desloca-se o amônio recebendo-o sobre a solução ácida de volume e título conhecidos. Por titulação de retorno, determina-se a quantidade de nitrogênio que lhe deu origem. O fator de conversão utilizado foi 6,25.

4.1.8 Determinação de minerais por EDX

Os minerais foram quantificados por Espectrômetro de Fluorescência de raios-X por energia dispersiva, o equipamento utilizado foi o Shimadzu EDX-720 (EDX). As amostras na forma de pó foram colocadas em cubetas cobertas por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura e posteriormente, estas amostras foram submetidas a vácuo. Foram utilizadas as seguintes condições de operação do equipamento, tensão do tubo de 15 KeV (Na a SC) e 50

KeV (TI a U) e com um colimador de 10mm, com um detector de estado-sólido de Si (Li) com resfriamento por nitrogênio líquido.

4.2 CINÉTICA DE SECAGEM PARA ESTUFA

As cinéticas de secagem foram realizadas em estufa com circulação de ar a diferentes temperaturas. Com os dados da secagem foram determinados os valores da razão do teor de água e em seguida aplicados modelos matemáticos.

4.2.1 Modelos Matemáticos

Os modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Newton, Page, Thompson e Logarítmico, estão descritos da Tabela 1, os mesmos foram ajustados às curvas experimentais de secagem. Para o ajuste de cada equação matemática aos dados experimentais, realizaram-se as análises de regressão não-linear pelo método Quasi-Newton, empregando-se o programa computacional Statistica 8.0.

Tabela 1: Modelos de regressão não-linear aplicados às curvas de secagem de resíduos de frutas

Modelos	Equações	Referências
Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot T)$	(Henderson; Pabis, 1961)
Newton	$RU = \exp(-K \cdot t)$	(Togrul; pchlihan, 2002)
Page	$RU = \exp(-K \cdot t^n)$	(Page, 1949)
Thompson	$RU = \exp\left(\frac{-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}}{2 \cdot b}\right)$	(Leite et al., 2016)
Logarítmico	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot T) + c$	(Costa et al., 2011)

Em que:

RX - razão de teor de água (adimensional);

t: tempo (min);

a, b, k e n - parâmetros dos modelos.

Os critérios utilizados para determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM), calculado pela equação abaixo:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{exp} - RX_{pre})^2}{N}}$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{exp} - razão de teor de água experimental;

RX_{pre} - razão de teor de água predito;

N- número de dados experimentais.

4.2.2 Obtenção do produto farináceo a partir da secagem em Estufa

No processo de secagem em estufa de circulação de ar, foram adotadas diferentes temperaturas de secagem (40, 60 e 80° C), com objetivo de predizer o tempo de secagem e melhor temperatura, para o dimensionamento e a otimização do processo. Assim, foram realizadas cinéticas de secagem e ajustes de modelos matemáticos aos dados experimentais.

Após secagem, o material passou pela etapa de processamento da farinha, que consistiu em: trituração em moinho de facas, tamisação em peneiras e finalizando com o acondicionamento a vácuo em sacos plásticos e armazenagem em temperatura ambiente. Em seguida submetida às análises físicas e químicas para posteriormente ser utilizada na formulação do(s) produtos alimentícios(s).

4.3 FORNO DE MICRO-ONDAS (FMO)

4.3.1 Mapeamento térmico do forno de micro-ondas

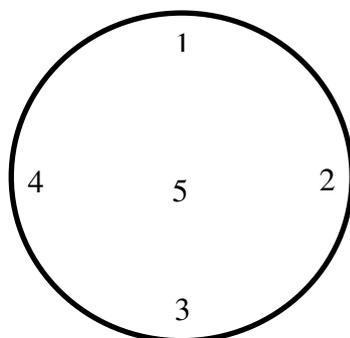
Com intuito de localizar no forno micro-ondas o ponto de maior irradiação na sua concavidade para assim posteriormente alcançar um melhor rendimento no preparo da farinha de maxixe, foram realizados mapeamentos de sua distribuição de radiação, onde foi realizado o mapeamento pelo método de variação da temperatura da água.

4.3.2 Mapeamento através da verificação da temperatura da água

Para realização desse método de mapeamento foram utilizados béqueres de polipropileno de 250 mL e termômetro digital tipo espeto, modelo SH-113, escala de temperatura de -50 a $+300$ °C, exatidão da leitura de ± 2 °C.

No prato do FMO utilizado foram marcados cinco pontos simétricos como demonstrado na Figura 5. Nos béqueres de polipropileno foram colocados 50 mL de água, verificou-se a temperatura inicial de cada um deles, foram posicionados nos pontos marcados do prato e colocados juntos por 120 s a potência máxima com o prato girando e depois com o prato parado, logo após foi verificada a temperatura dos béqueres após a irradiação.

Figura 5. Posição dos béqueres no prato do Forno Micro-ondas



4.3.3 Cálculo da potência real de trabalho do forno de micro-ondas

Em um béquer foi colocado 1 L de água, com temperatura inicial de 23 ± 2 °C, posicionado no local de maior incidência de radiação da cavidade do forno (centro). O aquecimento foi realizado por 120 s, nas potências programadas de 100, 80, 60, 40, 20%, consecutivamente. Após o aquecimento registrou-se a temperatura final. Foram realizadas três medidas para cada potência (SILVA e SOUZA, 2007).

O cálculo da potência real de trabalho do forno micro-ondas foi realizado conforme Equação.

$$P = \frac{K C_p m (\Delta T)}{t}$$

Onde:

P: Potência real de trabalho, (W- J.s⁻¹);

K: fator de conversão:

cal/s \rightarrow W (4,184 W. s. cal⁻¹);

Cp: capacidade calorífica da água, (cal. g⁻¹ °C⁻¹);

m: massa da amostra de água, (g);

ΔT: variação de temperatura observada, (°C);

t: tempo de irradiação, (s).

As condições experimentais utilizadas foram: capacidade calorífica da água a 25 °C = 0,9997 cal g⁻¹ °C⁻¹, massa de amostra de água = 1000 g, tempo de irradiação = 120s (SOUZA, 2015)

4.3.4 Verificação da reprodutibilidade

A reprodutibilidade de aquecimento do micro-onda foi verificada realizando ensaios (em triplicata) de aquecimento de 100 mL de água em um bquer de 250 mL, posicionado no centro do forno. O aquecimento foi realizado de 0 a 120 s, medindo-se a temperatura em intervalos regulares de tempo de 10 s.

4.3.5 Obtenção do produto farináceo a partir da secagem em FMO

Após os testes no FMO para identificar o lugar de maior incidência de radiação foi iniciado os testes de secagem de diferentes modelos de corte do maxixe, para assim selecionar o mais viável.

Inicialmente foram selecionados frutos verdes em boas condições para o consumo, colocados dentro de uma solução clorada por 10 minutos e lavados com uma escova para total retirada sujeiras presentes e por fim lavadas em água corrente. Após secos, os frutos foram submetidos a dois tipos de cortes, em rodela (aproximadamente 2 mm) e picados.

De início, foram realizados testes preliminares com intuito de fixar parâmetros operacionais do FMO (potência e tempo de aquecimento) e, também para determinar a massa inicial de amostra a ser utilizada na preparação da farinha. Durante os testes foi verificada a temperatura de cada amostra em cada ciclo durante o aquecimento, com o uso de termômetro infravermelho, marca Incoterm, modelo ST-600.2, com variação de temperatura de – 60 a +500 °C e exatidão da leitura de ± 2 °C.

Com base nos resultados dos testes preliminares foi estabelecida a rampa de aquecimento, a massa e a potência do FMO a ser utilizada. Em cada intervalo de ciclo regular a amostra seca em FMO foi desprendida do recipiente com uma espátula, a fim de evitar a fixação na sua superfície e também com intuito de se evitar possibilidade de combustão e

garantir a homogeneidade do aquecimento no material. O procedimento foi realizado em duplicata. Ao fim do procedimento, as amostras foram colocadas em dessecadores para realização de uma pesagem final, para ter uma base de rendimento.

Em todos os experimentos foram utilizados uma massa fixa de amostra e, béquer com 150 mL de água dentro do FMO, com a finalidade de umedecer o ambiente. A água do béquer foi trocada a cada nova sequência para evitar que entrasse em ebulição e derramasse água nas amostras, alterando sua umidade e aumentando o tempo de secagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS DO MAXIXE *in natura*

Na tabela 2, tem-se os resultados para as análises físicas do maxixe *in natura*, onde foram verificadas as características biométricas e de massa de 20 frutos. Para o comprimento e diâmetro foram obtidos valores médios de 43 mm e 27,5 mm, respectivamente, a circunferência apresentou um valor médio de 10 cm e a densidade 0,49g/ml. Foram observados em todas essas médias, valores altos de desvio padrão, que pode ser justificado pelo fato dos frutos nunca apresentarem mesmo tamanho quando estão no estado de maturação apto para colheita, podendo ser confirmado a partir dos valores de massa, onde foram verificados maxixes com pesos máximos 31,47g e mínimos de 6,42g.

Através da pesagem de cada parte do fruto, determinou-se que, a casca equivale aproximadamente a 40% do maxixe, a polpa 35% e a semente 25%. Segundo os dados, o valor médio encontrado para a massa total do fruto foi de aproximadamente 21,02 g, variando de um valor entre 6,42 e 31,47 g. A média da massa total dos frutos foi próximo ao registrado por Medeiros *et al.* (2010) em estudo sobre maturação de sementes de maxixe, que obtiveram média de 22,63 g para massa dos frutos adultos.

Tabela 2: Biometria e valores de massa dos frutos do maxixe

Características	Maior valor	Menor valor	Média
Comprimento (mm)	50	36,2	43 ± 4,96
Diâmetro (mm)	32	23,5	27,5 ± 2,63
Circunferência (cm)	11,7	7,4	10 ± 1,33
Densidade (g/mL)	0,57	0,44	0,49 ± 0,04
Massa total (g)	31,47	6,42	21,02 ± 6,65
Massa casca (g)	13,42	4,52	8,42 ± 2,82
Massa polpa (g)	10,32	3,09	7,59 ± 2,21
Massa semente (g)	8,32	1,81	5,5 ± 1,81

5.2 CINÉTICA DE SECAGEM PARA ESTUFA

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Newton, Page, Thompson e de logarítmico, os coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM), ajustados as curvas de cinética de secagem efetuadas com maxixe nas temperaturas 40, 60 e 80 °C para os cortes em rodela e picados.

Tabela 3: Resultados estatísticos obtidos dos modelos matemáticos das curvas de cinética de secagem do maxixe (*Cucumis anguria* L) para o corte em rodela em diferentes temperaturas.

	T(°C)	Parâmetros					R ²	DQM
		A	B	c	k	n		
Henderson e Pabis	40	0,99179	-	-	0,00155	-	99,183	0,01665
	60	1,02769	-	-	0,00445	-	99,578	0,03639
	80	1,05441	-	-	0,00680	-	99,205	0,05138
Newton	40	-	-	-	0,00157	-	99,875	0,01722
	60	-	-	-	0,00431	-	99,510	0,03921
	80	-	-	-	0,00635	-	98,918	0,05988
Page	40	-	-	-	0,00157	0,99957	99,875	0,01722
	60	-	-	-	0,00113	1,23929	99,896	0,01110
	80	-	-	-	0,00083	1,39641	99,888	0,01933
Thompson	40	-481,15	0,87080	-	-	-	99,873	0,01731
	60	-898,67	1,97007	-	-	-	99,508	0,03930
	80	-423,88	1,64885	-	-	-	98,910	0,06014
Logarítmico	40	1,0211	-	-0,03392	0,00144	-	99,819	0,01386
	60	1,1242	-	-0,11238	0,00344	-	99,888	0,01878
	80	1,2024	-	-0,16860	0,00484	-	99,691	0,03205

Tabela 4: Resultados estatísticos obtidos dos modelos matemáticos das curvas de cinética de secagem do maxixe (*Cucumis anguria* L) para o corte picado em diferentes temperaturas.

Modelos	T(° C)	Parâmetro					R ²	DQM
		a	B	C	k	n		
Henderson e Pabis	40	1,02072	-	-	0,00184	-	99,197	0,04793
	60	1,04836	-	-	0,00435	-	98,915	0,06038
	80	1,06355	-	-	0,00796	-	99,122	0,05583
Newton	40	-	-	-	0,00179	-	99,156	0,04913
	60	-	-	-	0,00413	-	98,915	0,06567
	80	-	-	-	0,00734	-	98,779	0,06580
Page	40	-	-	-	0,00041	1,21353	99,710	0,02885
	60	-	-	-	0,00046	1,40593	99,767	0,02803
	80	-	-	-	0,00071	1,47099	99,885	0,02027
Thompson	40	-685,67	1,11093	-	-	-	99,150	0,04931
	60	-566,58	1,53102	-	-	-	98,708	0,06585
	80	-542,03	1,99548	-	-	-	98,774	0,06595
Logarítmico	40	1,10364	-	-0,09360	0,00153	-	99,524	0,03695
	60	1,20013	-	-0,17169	0,00306	-	99,508	0,04070
	80	1,16191	-	-0,11523	0,00620	-	99,505	0,04207

Analisando cada modelo matemático em função do R² e do DQM, verificou-se que todos os modelos adotados para os dados experimentais das curvas de secagem do maxixe nos dois cortes estudados, foram adequados, em razão de apresentarem R² superiores a 98% e DQM inferiores a 0,065, de forma que todos podem representar o processo de secagem do maxixe, contudo, o modelo de Page se destacou nas secagens para ambos os cortes.

Para o corte em rodela o modelo de Page, apresentou melhor resultado para temperatura de 60°C, com valor de R² de 99,8 e 0,01 para o valor de DQM. Podemos comparar esses resultados com outros estudos de secagem, que apresentaram valores semelhantes para o modelo de Page. Sousa (2011) realizou um estudo de secagem de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) com temperaturas entre 30 a 70°C, e o modelo de Page obteve R² superiores a 98 em todas as temperaturas estudadas. Diógenes (2010) observou coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,99 para os modelos de Aproximação da Difusão e Page e baixos valores de DQM, durante a avaliação da cinética de secagem da farinha de grãos de abóbora nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de aproximadamente 1,0 m s⁻¹. Dantas (2007) verificou, para o modelo de Page,

ajustes superiores a 0,99 ao secar amêndoas de jaca moídas nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

O parâmetro k representa o efeito das condições externas de secagem, cuja tendência é crescente com o aumento da temperatura (GONELI et al., 2009). O modelo de Page não apresentou esse comportamento, e diminuiu conforme o aumento da temperatura. Resultados semelhantes foram encontrado por Goneli et al. (2009). De acordo com o mesmo autor, a constante k representa o efeito das condições externas de secagem, e tende a aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem, embora para a equação de Page tenha sido sensivelmente menor na temperatura de 60 °C em relação à de 50 °C. Para os modelos de Henderson e Pabis, Newton e logarítmico, esse parâmetro teve bom comportamento, aumentando de acordo com o aumento da temperatura. Outros estudos apresentaram mesmo comportamento para o parâmetro k , como o trabalho de Silva et al., (2009), estudou a cinética de secagem em leito fixo da banana maçã, fatiada em rodela com espessuras de 5 a 10 mm e nas temperaturas de 50 a 70°C, no modelo de Henderson e Pabis.

O parâmetro n sinaliza a resistência manifestada internamente pelo produto ao processo de secagem, segundo Corrêa et al. (2007), para a constante n de secagem obteve o comportamento inverso, onde ela aumentou com o aumento da temperatura. Silva et al. (2004) observaram que o parâmetro n tem efeito moderador para corrigir os possíveis erros resultantes da resistência interna à transferência de teor de água.

Ao final do processo, o tempo de secagem para produção das farinhas nas temperaturas de 40,60 e 80°C no corte em rodela foi de, 1800 minutos e 29,83% de TA para 40°C, 720 minutos e 8,56% de TA para 60°C e 420 e 9,89% de TA minutos para 80°C.

No corte picado, o modelo de Page apresentou resultados de R^2 superiores a 99 e valores de 0,02 para DQM nas 3 temperaturas analisadas, porém o melhor resultado foi para a temperatura de 80°C. Esses comportamentos para o modelo de Page pode ser comparado com outros trabalhos de cinética de secagem, Santos (2010) realizou um estudo da Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e com fluxo de ar de 1,5 m s⁻¹ e Sanjinez-Argandona et al. (2011) estudaram a secagem de diferentes cortes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) nas temperaturas de 60 e 70°C, ambos os trabalhos apresentaram valores de R^2 entre 98 e 99 para o modelo de Page. Os valores dos parâmetros k e n para o modelo de Page aumentaram de acordo com o aumento da temperatura.

No final do processo, o tempo de secagem para produção das farinhas nas temperaturas de 40,60 e 80°C no corte em picado foi de, 1620 minutos e 17,79% de TA para 40°C, 600 minutos e 11,79% de TA para 60°C e 360 minutos e 9,29% de TA para 80°C.

Na figura 6 e 7 estão apresentados os gráficos das curvas das cinéticas de secagem do maxixe nas temperaturas de 40, 60 e 80°C nos cortes em rodela e triturados para o modelo de Page, que foi o que melhor se adequou as secagens. Observa-se que o aumento da temperatura traz a diminuição do tempo de secagem, onde com o aumento da temperatura a transferência de energia para os frutos ocorre com maior eficiência resultando nessa diminuição de tempo de secagem.

Figura 6: Cinética de secagem do maxixe (*Cucumis anguria* L) para o corte em rodela nas temperaturas de 40, 60 e 80°C com ajuste matemático do modelo de Page.

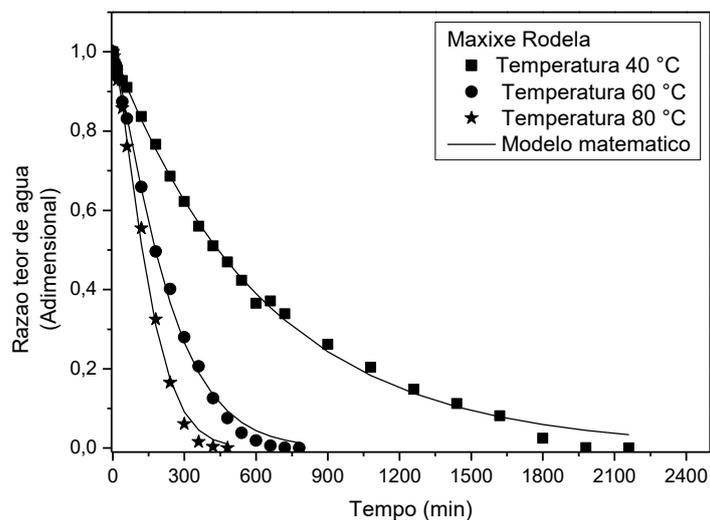
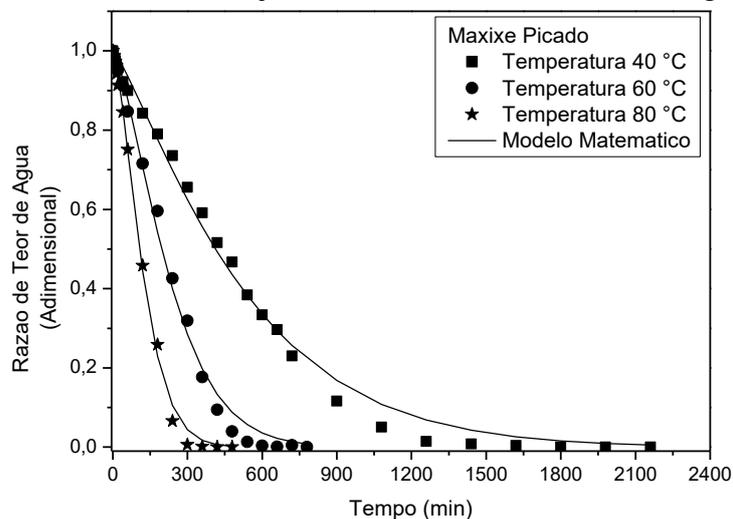


Figura 7: Cinética de secagem do maxixe (*Cucumis anguria* L) para o corte picado nas temperaturas de 40, 60 e 80°C com ajuste matemático do modelo de Page.

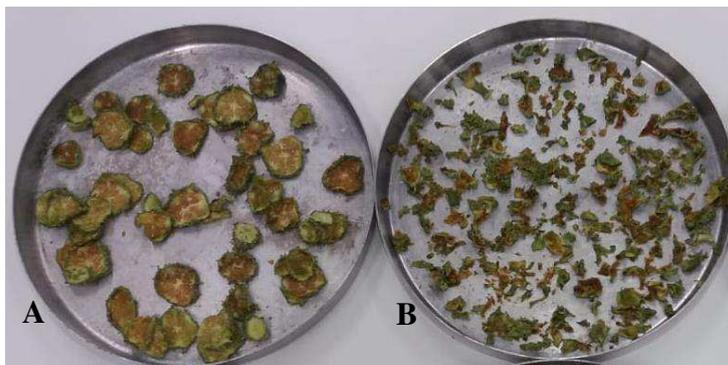


5.2.1 Elaboração da farinha de maxixe em estufa

Para obtenção da farinha de maxixe, o corte picado foi o adotado para o processo de secagem, por ocorrer em um tempo menor que o outro corte estudado. Com base na cinética de secagem, a temperatura de 80°C apresentou menor taxa de secagem, entretanto, a temperatura escolhida para a produção da farinha é a de 60°C, onde estudos sobre a área visam que, temperaturas acima de 60°C para secagem em alimentos podem causar a desnaturação. Teba (2010) fala que, quando se envolver altas temperaturas e pressões, umidade e trabalho mecânico, promovem a transformação das características químicas, físicas e nutricionais dos alimentos, destacando-se a hidratação de amidos e proteínas, a homogeneização, a gelatinização do amido, a liquefação de gorduras, a desnaturação de proteínas, a inativação de enzimas, a diminuição da população microbiana, a plastificação e expansão do material processado, para criar novas formas e texturas. Ferreira e Pena (2010), realizaram um estudo de secagem da casca do maracujá amarelo, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, onde o tempo de maior duração foi usando a temperatura de 60°, porém essa foi a temperatura escolhida por ter proporcionado o produto com melhor qualidade organoléptica. Segundo Silva et al. (2016b), a secagem em estufa à temperatura constante de 60 °C foi eficiente no processo de secagem realizado em folhas de *Plectranthus barbatus* Andr. (Lamiaceae).

A secagem do maxixe em estufa de circulação de ar ocorreu por 10 horas a uma temperatura de 60°. Com esse tempo foi observado uma alta redução no teor de água do fruto, acompanhado de ótima aparência do produto (como visto da Figura 8 A, B e C). Também se verificou que nenhum dos tipos de cortes estudados resultou em amostras queimadas nem apresentou escurecimento no produto durante o tempo de secagem.

Figura 8: Maxixe após processo de secagem em Estufa. Corte em rodelas (A), corte picado (B).



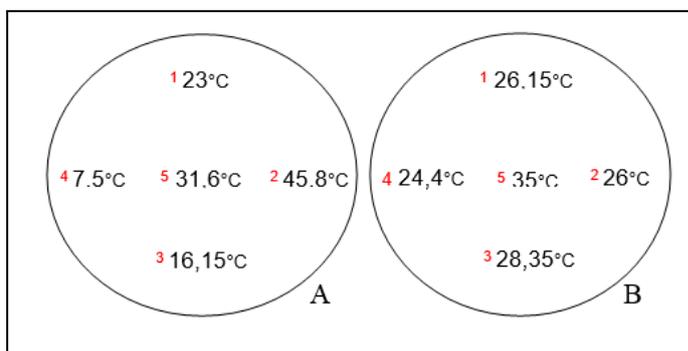
Fonte: Dados da pesquisa

5.3 MAPEAMENTO FMO

5.3.1 Mapeamento térmico do forno de micro-ondas

Na Figura 9 (A e B), estão expostos os resultados obtidos pelo processo de mapeamento térmico por meio da variação da temperatura da água, realizado pelo aquecimento simultâneo dos cinco béqueres, com prato girando e com prato fixo, respectivamente.

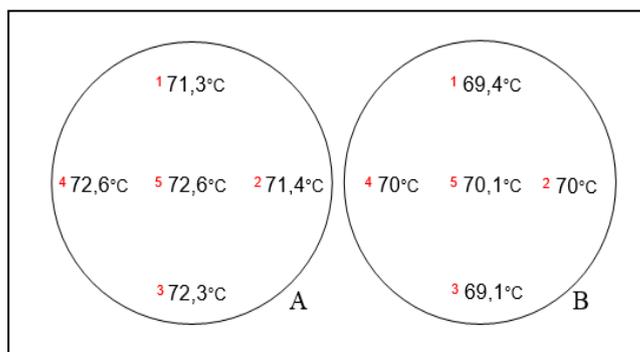
Figura 9: Mapeamento para aquecimento simultâneo dos béqueres. A) prato fixo B) prato girando



Nota-se que na Figura 6A, após o tempo de aquecimento as posições (2) e (5) apresentaram maior temperatura, em comparação a mesma metodologia realizada com o prato girando (Figura B), as posições que apresentaram maior variação de temperatura da água foram (5) e (3), mostrando que a região de maior irradiação do forno micro-ondas é a posição central.

Na Figura 10 estão representados os resultados obtidos no mapeamento térmico por meio da variação da temperatura da água, com aquecimento individual dos cinco béqueres, com prato fixo (Figura 10A) e com prato girando (Figura 10B).

Figura 10: Mapeamento de aquecimento individual dos béqueres. A) prato fixo B) prato girando



No teste realizado com os béqueres posicionados individualmente obteve-se resultados semelhantes ao teste utilizando os cinco béqueres posicionados todos de uma vez,

apresentando a região central (5) como a posição de maior incidência de irradiação do forno micro-ondas.

Também se observou que a temperatura média entre os cinco pontos com o prato fixo foi um pouco maior que a média verificada para os cinco pontos quando aquecidos com prato girando e, que a variação de temperatura com prato fixo e girando foi menor que 1°C, sendo a temperatura média de $72,04 \pm 0,64$ °C para o prato fixo e $69,82 \pm 0,30$ °C para prato girando. Também foi verificado que quando os béqueres foram irradiados simultaneamente, houve uma menor variação de temperatura em todos os pontos, pois ocorreu uma distribuição da energia irradiada entre os béqueres, no entanto o ponto de maior incidência foi o mesmo. Souza (2015) obteve resultados semelhantes quando mapeou a cavidade do forno de micro-ondas por meio da variação da temperatura da água, com aquecimento simultâneo e individual dos béqueres.

5.3.2 Cálculo da potência real do forno de micro-ondas

Os resultados obtidos da variação de temperatura em relação à potência utilizada no aquecimento da água e da potência real calculada segundo a Equação (2) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Potência teórica e potência real do forno micro-ondas

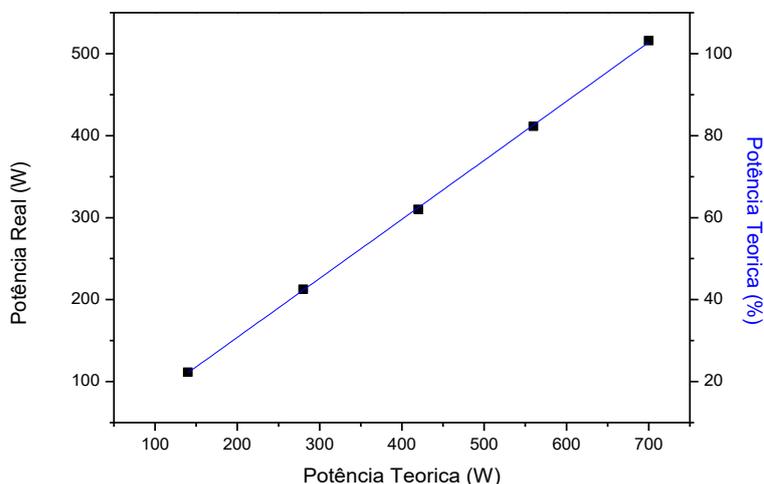
Potência _{teórica} (%)	Potência _{teórica} (W)	$\Delta T_{\text{média}}$ (°C)	Potência _{real} (W)
100	700	14,8	515,9
80	560	11,8	411,3
60	420	8,9	310,2
40	280	6,1	212,6
20	140	3,2	111,5

Observou-se que a potência real calculada para o forno é crescente em função do aumento da temperatura, mas não corresponde ao valor relatado pelo fabricante no manual do aparelho. Souza *et al.* (2005) e Barboza *et al.* (2001) em diferentes estudos de calibração de forno de micro-ondas também mostraram resultados semelhantes.

Utilizando a potência em W e % e a potência real em W, foi possível a construção de um gráfico para melhor observação da rampa da curva de calibração do forno (Figura 11). Com

um R^2 de 0,99 é possível utilizar com confiabilidade o modelo linear proposto para prevê outras potências reais não calculadas, sendo: $P_{\text{Real}} = 0,72P_{\text{teórica}} + 10,05$.

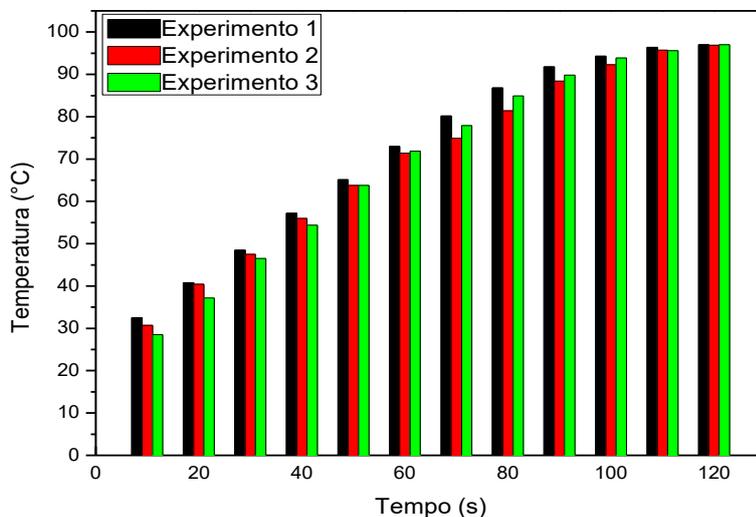
Figura 11. Curva de calibração da potência do forno de micro-ondas



5.3.3 Verificação da reprodutibilidade do forno de micro-ondas

As curvas de aquecimento da água *versus* tempo de aquecimento estão representadas graficamente na Figura 9. Observa-se pequena diferença entre as curvas nas três temperaturas, confirmando uma boa reprodutibilidade da taxa de aquecimento obtida no forno de micro-ondas utilizado este estudo.

Figura 12. Curvas de aquecimento da água no forno de micro-ondas



5.3.4 Elaboração da farinha de maxixe em forno de micro-ondas

Para determinar a rampa de aquecimento adotada para secagem do maxixe no FMO, foi levado em consideração, o teor de água e aparência final do produto. Para obtenção da farinha foi estabelecido uma rampa de aquecimento determinada por: 5 ciclos de 5 min., 3 de 2 min. e 1 ciclo de 1 min. totalizando 32 min, na potência de 50%. Todos os experimentos utilizaram 80 g de amostra, e as duas formas de cortes passaram pela mesma forma de secagem, com os mesmos tempos, mesmas paradas e mesma potência.

Com relação à potência utilizada do FMO, 50% corresponderam a uma potência real de trabalho de 262,5 W. Esta potência adotada no processo de secagem refere-se à maior potência possível que além de reduzir o teor de água proporcionou as menores temperaturas alcançadas pela amostra durante o processo, uma vez que temperaturas relativamente baixas favorecem a manutenção das propriedades e a boa qualidade do produto. Também se optou pela utilização de uma única potência de trabalho uma vez que se pretende tornar este processo de fácil reprodução, de forma que possa realizado em qualquer FMO, com ajuste da potência quantitativo ou qualitativo.

Ao final do processo de secagem em FMO, as amostras apresentaram teor de água de 12,09% para o corte em rodela e 12% para o corte picado. As amostras cortadas em rodela e picadas (Figura 12, A e B, respectivamente) apresentaram boas respostas. Como os dois cortes apresentaram mesmo tempo de secagem e mesmo teor de água, o critério para escolha do corte foi à padronização com método de secagem da estufa, dessa forma optou-se por utilizar o corte picado, uma vez que foi o mesmo tipo de corte adotado na elaboração da farinha estufa. Na figura 13, está o resultado final do produto após o tempo de secagem, onde na figura 13(A) tem o maxixe seco cortado em rodela e na figura 13B o corte picado.

Figura 13: Maxixe após processo de secagem em FMO. Corte em rodela (A), corte picado (B).



Fonte: Dados da pesquisa

5.4 CARACTERIZAÇÕES FÍSICA E QUÍMICA DAS FARINHAS DE MAXIXE OBTIDAS POR DOIS MÉTODOS DE SECAGEM

Na Tabela 6, estão apresentados os valores referentes aos parâmetros físicos e químicos do fruto de maxixe *in natura* e das farinhas de maxixe obtidas por estufa nas temperaturas de 40, 60 e 80°C e por FMO, a partir do corte picado.

Tabela 6. Parâmetros físicos e químicos, do maxixe *in natura* e das farinhas obtidas em Estufa e FMO.

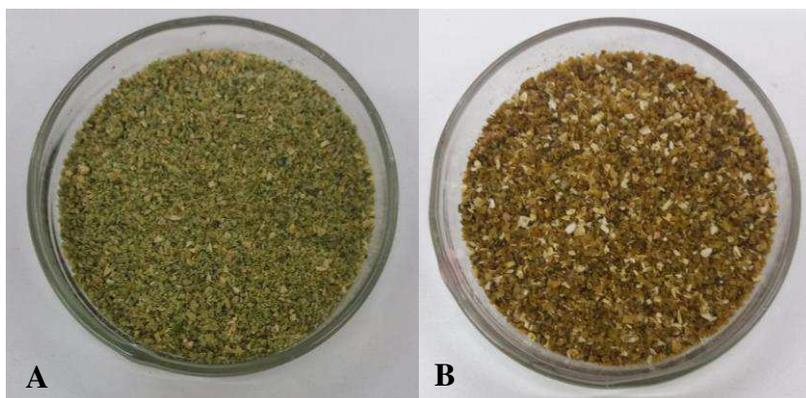
	<i>In natura</i>	FARINHA FMO	FARINHA 40°C	FARINHA 60°C	FARINHA 80°C
TA	94,25 ± 0,28	13,90 ± 0,08	17,79 ± 0,27	11,79 ± 0,44	9,29 ± 0,47
A_w	0,998 ± 0,0	0,465 ± 0,004	0,530 ± 0,006	0,333 ± 0,002	0,335 ± 0,001
pH	6,15 ± 0,03	5,24 ± 0,005	6,26 ± 0,03	6,13 ± 0,011	5,48 ± 0,02
SST	3,3 ± 0,17	13 ± 1,09	12 ± 0,17	16 ± 0,17	20 ± 0,57
RMO	0,67 ± 0,03	8,32 ± 0,05	10,0 ± 0,01	9,67 ± 0,01	9,10 ± 0,02
PB_(base seca)	1,07 ± 0,19	17,1 ± 0,34	18,9 ± 0,64	14,6 ± 0,43	15,4 ± 0,91

O valor de teor de água apresentado para o fruto *in natura* foi de 94,25%, as farinhas produzidas pelos métodos de estufa e FMO, apresentaram valores de 11,79 e 13,90%, respectivamente, demonstrando ótima perda de água através dos processos de secagem utilizados, vale salientar que o valor de teor de água do maxixe *in natura* pode ser comparado ao valor da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), que apresenta um teor de água de 95,1% para o maxixe *in natura*, mostrando aproximação entre o valor da tabela com o da pesquisa. A ANVISA, através da portaria 354/1996, estabelece que o teor de água das farinhas não deve ultrapassar a 15%. Dessa forma a secagem do fruto do maxixe com corte picado, tanto em estufa como em FMO, produziu farinhas com teor de água dentro dos padrões estabelecidos. Esses baixos valores de umidade podem ser enaltecidos com os resultados de Atividade de água, o fruto *in natura* apresentou 0,998 e as farinhas apresentaram 0,333 para estufa e 0,465 para FMO. Ribeiro e Seravalli (2007) mostram que os alimentos são classificados em função da atividade de água em três grupos: alimentos com baixa umidade (a_w até 0,60), umidade intermediária (a_w entre 0,06 a 0,09) e com alta umidade (acima de 0,90), com isso, notasse que as farinhas de maxixe por ambos os processos de secagem apresentam baixa atividade de a_w , favorecendo a não contaminação por microrganismos.

Os valores de pH não variaram muito, onde *in natura* apresentou um valor de 6,15 e as farinhas obtiveram valores de 6,13 para estufa e 5,24 em FMO, esses valores podem ser comparados ao trabalho de Santangelo (2006) que obteve pH 6,16, ao analisar a farinha de semente de abóbora e Potela (2009) que analisou a farinha de polpa e cascas de melancia e obteve pH de 5,23. Para os valores de SST, a amostra do fruto *in natura* apresentou um teor de 3,3 °Brix, e as farinhas em estufa e FMO apresentaram valores de 16 e 13 °Brix, respectivamente. Esse aumento entre o fruto e as farinhas pode estar relacionado com o teor de água presente nas amostras, pois há uma maior diluição dos compostos solúveis em meio aquoso. Os valores de resíduo mineral fixo apresentaram valores de 0,67 do maxixe *in natura*, 9,67% para farinha em estufa e 8,32%, para a farinha em FMO. De acordo com o TACO (2011) o maxixe *in natura* apresenta um valor de SST de 0,70, semelhante ao valor encontrado nesta pesquisa. Mattos (2016) encontrou um valor de 10,37% para farinha de maxixe. Segundo a autora esse elevado valor quando comparado ao fruto *in natura*, possivelmente é explicado pela concentração dos resíduos inorgânicos com o processo de desidratação, podendo conferir a farinha de maxixe a denominação de alimento com elevado aporte de minerais, substituindo outras fontes de alimentos ricos nesses micronutrientes.

Os valores de proteína bruta para o maxixe *in natura* foi de 1,07%, para a farinha em estufa 14,6% e em FMO 17,01%, esse aumento de proteína bruta está relacionado à quantidade de água presente na amostra, quanto menor o teor de água, mais concentrada e consequentemente maior o valor obtido. Esses valores de PB foram superiores aos encontrados por Sousa (2016) que realizou um estudo de caracterização física e química dos produtos farináceos da casca de (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) obtidas por secagem em estufa e FMO que obteve valores de 4,60 para estufa e 4,95 para FMO.

Figura 14. Farinhas de Maxixe (*Cucumis anguria* L) obtidas por dois métodos de secagem: Estufa (A) e FMO (B).



Fonte: Dados da pesquisa

Como mostrado na Tabela 7 o maxixe apresentou um valor plausível de potássio (K), magnésio (Mg), fosforo (P) e cálcio(Ca) para os furtos *in natura*. Os valores de concentração em mg/100g dos minerais encontrados, podem ser comparados com os valores da TACO (2011) para o maxixe, que são de 341,26 para K, 25,76 para Ca e 0,14 para Zn.

Tabela 7. Valores dos minerais encontrados para o maxixe (*Cucumis anguria* L) *in natura*

Minerais mg/100g	K	Mg	P	Ca	Mn	Fe	Zn
<i>In natura</i>	341,26	95,95	74,53	25,76	0,23	0,21	0,14

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os modelos matemáticos usados apresentaram bons ajustes experimentais para as curvas de secagem do maxixe nas temperaturas de 40, 60 e 80°C e aos dois cortes estudados, porém o modelo de Page foi o mais satisfatório. A produção da farinha em estufa ocorreu a 60°C no corte picado e apresentou um TA final de 11,79%.

Para os mapeamentos realizados no FMO, foi observado que a região central é o local de maior incidência de irradiação de micro-ondas, e que sua potência real é menor que a dada pelo fabricante. A rampa de aquecimento utilizada para obtenção da farinha em FMO foi constituída de 5 ciclos de 5 min, 3 ciclos de 2 min e 1 ciclos de 1 min, totalizando 32 min, na potência de 50%, com o corte picado, apresentando ao final 13,90% de TA.

Ambos os métodos de secagem apresentaram resultados satisfatórios, porém, o método de secagem em FMO torna-se mais apropriado para produção da farinha de maxixe, essa secagem ocorre de uma forma mais rápida e direta, onde as micro-ondas reagem diretamente com a água presente no fruto, ocasionando uma desidratação muito mais rápida, além de o FMO ser um utensílio doméstico, que torna muito mais viável a reprodução do processo por produtores rurais e consumidores do fruto.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, K. **Secagem de cenoura (*Daucus carota* L.) Assistida por micro-ondas.** Dissertação (mestrado), 165 p. UNICAMP, Faculdade de Engenharia química. Campinas-SP, 2013.
- BARBOZA, A. C. R. N.; CRUZ, C. V. M. S.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C. F.; SABADINI, E. Aquecimento em forno de microondas/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, vol.24, n.6, pp. 901-904, 2001.
- BARBOZA, A. C. R. N.; CRUZ, C. V. M. S.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C. F.; SABADINI, E. Aquecimento em forno de microondas/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, vol.24, n.6, p. 901-904, 2001.
- BRASIL, A. N. D. V. S. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Diária Oficial da União, 2001. Brasil.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996.**
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2010. 92 p. Disponível em: http://www.abcsem.com.br/docs/manual_hortaliças_web.pdf. Acesso em 17 ago. 2017.
- BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE; DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.
- BRENNAN, J. G. **Food processing handbook.** Weinheim: Wiley-VCH, 602 p., 2006.
- CELESTINO, Sonia Maria Costa. Princípios de secagem de alimentos. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2010.
- CHUA, K. J. .; CHOU, S. K. On the experimental study of a pressure regulatory system for bioproducts dehydration. *Journal of Food Engineering*, v. 62, n. 2, p. 151–158, 2004.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas uteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional Brasília, 1974.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.
- COSTA, L. M., RESENDE, O., SOUSA, K. A., & GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.

DANTAS, H. J. Secagem solar e convencional de amêndoas de jaca. Campina Grande: UFCG, 2007. 125p. Dissertação Mestrado.

DIÓGENES, A. M. G. Secagem solar e convencional de grãos de abóbora. Campina Grande: UFCG, Dissertação Mestrado, 2010.

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: Congresso brasileiro de fruticultura, **Anais... SBF**, Belém-PA, 2002.

FERNANDES, R.B. Cucumis L. In: **Flora Ibérica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares**. Madrid: Real Jardín Botánico, 1987.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 15-28, 2010.

FREIRE, J. V. Estudo dos aspectos tecnológicos e de qualidade envolvidos no aproveitamento da casca e da polpa da melancia (*Citrullus lanatus* Schrad). 2009.

FUMAGALLI, F. Secagem de pêra a secador em forno de forno de micro-ondas (dissertação). Universidade Federal de São Carlos, 147f., São Carlos SP, 2003.

GARMUS, T. T., BEZERRA, J. R. M. V., RIGO, M., & CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2, 2009.

GOMES-COSTA, G. A.; ALVES, M. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Cucurbitaceae. **Rodriguésia**, v. 63, n. 4, p. 817–829, 2012.

GONELI, A. L.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JUNIOR, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. *Revista Brasileira de Armazenamento*, n. 11, p. 64–73, 2009.

GUINÉ, R. P. F.; PINHO, S.; BARROCA, M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, p. 422-428, 2011.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I: temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

IBGE. Pesquisa de Orçamento Familiares 2002-2003. Aquisição alimentar domiciliar *per capita*: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2002aquisicao/aquisicao.pdf>. Acesso em 17 ago. 2017.

IBGE. Pesquisa de Orçamento Familiares 2008-2009. Aquisição alimentar domiciliar *per capita*: por grandes regiões. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2008_2009_aquisicao/tabelas_pdf/tab111.pdf. Acesso em 18 ago. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008 - 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª Ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Síntese de indicadores sociais**. IBGE, 2003.

LEITE, D. D. F.; PEREIRA, E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; MENDES, F. A.; ALEXANDRE, H. V. Avaliação da cinética de secagem da carambola em secador convectivo. **Revista Verde**, v. 11, n. 2, p. 01-04, 2016.

LEITE, D. D. F.; PEREIRA, E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; MENDES, F. A.; ALEXANDRE, H. V. Avaliação da cinética de secagem da carambola em secador convectivo. **Revista Verde**, v. 11, n. 2, p. 01-04, 2016.

LIMA, A., TRANCOSO, F., MOURA, K., ALMEIDA, L., SILVA, T., SOUZA, W., & MARCELLINI, P. Caracterização centesimal de maxixe e sua aplicação na produção de pickles. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 4, p. 407-412, 2009.

LIMA, L. F. P. **Estudos taxonômicos e morfopolínicos em Cucurbitaceae brasileiras**. 2010. Tese de Doutorado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

LOPES, M. A. Recursos genéticos e o futuro da agricultura brasileira. In.: Veiga, RF; Queiróz, MA de. **Recursos fitogenéticos: a base da agricultura sustentável no Brasil**, 2015.

MATTOS, M. A. Bioprospecção do maxixe (*Cucumis anguria* L.): Elaboração da farinha e apresentação de produto. Dissertação (Mestrado em Ciências naturais e Biotecnologia) 2016.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 17-24, 2010.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 17-24, 2010.

MENEZES, A. R. V., SILVA JÚNIOR, A., CRUZ, H. L. L., ARAUJO, D. R., & SAMPAIO, D. D. "Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* DC) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização." *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande* 11.1, p. 1-8, 2009.

MENEZES, J.D.S. Produção de goma xantana a partir da bioconversão de resíduos de malte de cervejaria por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* IBSBF 1866. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE. 2013.

MODOLO, V., A.; COSTA, C. P. Avaliação de linhagens de maxixe paulista em ambiente rotativo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 632–634, 2003.

MOREIRA, J. S. A., et al. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, 2011.

NASCIMENTO, A. M. do C.; NUNES, R. G. F. L.; NUNES, L. A. P. L. Elaboração e Avaliação Química, Biológica e Sensorial de Conserva de Maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Acta Tecnológica**, v. 6, n. 1, p.123. jan -jun. 2011.

NASCIMENTO, A. M. do C.; NUNES, R. G. F. L.; SILVA, M. de J. M. da. Elaboração e Avaliação Química e Sensorial de Conserva de Maxixe (*Cucumis anguria* L). In: V CONNEPI, 2010.

NUNES, R. G. F. L., et al. Elaboração e avaliação química, biológica e sensorial de conserva de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Acta Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 123-136, 2011.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layer**. Thesis (Master of Science) - Purdue University, 1949.

PARK, K. J. .; BIN, A. .; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 56, n. 1, p. 97–103, 2003.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A. DE; PARK, K. J. B. Conceitos de processos e equipamentos de secagem. **São Paulo: Unicamp, 2007**.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PEREIRA, N. R. **Estudo da aplicação de micro-ondas na secagem de bananas tratadas osmoticamente**. Tese (Doutorado em Engenharia Alimentos), 188 p. UNICAMP, Campinas-SP, 2007.

PRETTE, A. P. **Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) através de secagem convectiva**. Tese, 161 p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG. Campina Grande, PB, 2012.

QUEIROGA, P.V.D.D. Estudo da reidratação do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) Com e sem tratamento osmótico (tese). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 166f., Natal-RN, 2012.

QUEIROZ, M. Potencial do germoplasma de cucurbitáceas no nordeste brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v. 11, p. 7–9, 1993.

REIS, A.; LIMA, M. F.; LOPES, C. A.; PINHEIRO, J. B. **Principais doenças do maxixeiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2015.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de alimentos*. Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.

RIBEIRO, R.D.; FINZER, J.R.D. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casca de banana. FAZU em **Revista, Uberaba**, n.7, p. 120- 124, 2010.

ROSA, J.G. **secagem da cenoura (*Daucus carota* L.) em micro-ondas**. Dissertação de mestrado. UFSC, 2010.

SANJINEZ-ARGANDONA, E. J.; BRANCO, I. G.; BITTENCOURT, T. U.; MUNHOZ, C. L. Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicum esculentum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 308-312, abr.-jun. 2011.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, Eliana Janet, et al. Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicum esculentum*). **Food Science and Technology (Campinas)**, p. 308-312, 2011.

SANSEVERINO, A. M. Microondas em síntese orgânica. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 660-667, 2002.

SANTANGELO, S. B. Utilização da farinha de semente de abóbora (*cucurbita maxima*, l.) em panetone. 2006. 84 f. (Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS, K., NETO, B., OLIVEIRA, S., RAMOS, M., & AZEVEDO, L. Obtenção de farinha com o resíduo da acerola (*Malpighia glabra* L.). In: Anais do V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica (V CONNEPI). Maceió- AL, 2010.

SANTOS, C. T., BONOMO, R. F., CHAVES, M. A., ILHÉU FONTAN, R. D. C., & BONOMO, P. "Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja." *Acta Scientiarum. Technology* 32.3, 2010.

SANTOS, D. D. C., QUEIROZ, A. J. D. M., FIGUEIRÊDO, R. M., & DE OLIVEIRA, E. N. "Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum." **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi** 17.2, 2013.

SHIGEMATSU, E. .; EIK, N. M. .; KIMURA, M. .; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamento sobre desidratação osmótica de carambolas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 3, p. 536–545, 2005.

SILVA, A. P. F.; COSTA, J. D.; DANTAS, D. L.; MATTOS, M. A.; CAMPOS, A. R. N. **Obtenção da farinha de maxixe (*Cucumisanguria* L.) por secagem em forno micro-ondas e estufa**. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande-PB, 2016.

SILVA, A. S.; MELO, K. dos S., ALVES, N. M. C. FERNANDES; T. K. da S.; FARIAS, P. de A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.129-136, 2009.

SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V.; MICHELS, R. N.; SAKANAKA, L. S.; TONIN, L. T. D. Parâmetros de qualidade físico-químicos e avaliação da atividade antioxidante de folhas de *Plectranthus barbatus* Andr. (Lamiaceae) submetidas a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p.48-56, 2016b.

SILVA, C. V.; BARBOSA, C. P. I.; PAULA, M. L.; COELHO, N. R. A. **Obtenção e caracterização físico-química do pó de tomate**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimento, Recife. Anais... Recife: SBCTA, 2004.

SILVA, F.; SOUZA, S. S.; Calibração de forno de micro-ondas – Experimento 1. In: WORKSHOP Sobre preparação de amostras – Métodos de decomposição de amostras, 3., 2000, São Carlos, SP. **Anais. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste**, 2007.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E. Caracterização físico-química de frutos de “mandacaru”. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 199- 205, 2009.

SOUSA, A. P. **Utilização de resíduos de jaca no desenvolvimento de novos produtos**. Dissertação (Mestrado em Ciências naturais e Biotecnologia) 2016.

SOUSA, K. A., RESENDE, O., CHAVES, T. H., & COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.

SOUZA, G; NOGUEIRA, A; RASSINI, J; SANTOS M. P.; Teor de matéria seca em amostras de plantas: determinação com forno de micro-ondas doméstico. **EMBRAPA Pecuária Sudeste**. São Carlos, 2005.

SOUZA, H.P. F. Elaboração de farinha da casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.) em forno de micro-ondas. Trabalho de Conclusão de curso. UFCG, 2015.

STASI, L. C. D.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na amazônia e na mata atlântica**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2002.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TEBA, C. da S.; ASCHERI, José Luis Ramirez; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2010.

TEDESCO, J. M.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. UFRGS, Porto Alegre-RS, 1995.

TEIXEIRA, F. J. V. et al. Condicionamento osmótico em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 7, n. 4, 2012.

TOGRUL, I. T.; PCHLIVAN, D. **Mathematical modelling of solar drying of apricots in thinlayers.** *Journal of Food Engineering*, v. 40, n. 3, p. 219–226, 2002.

VALDÉS, D. F.; BECERÁ, S. M.; PEREIRA, A. G.; BEYRA, R. C.; VALDÉS, D. F. Cinética de secado de fruta bomba (carica papaya l ., cv . maradol roja) mediante los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuárias**, v. 24, n. 1, p. 22–28, 2015.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 1, p. 71–89, 2000.

YOON, J. Y.; CHUNG, I. M.; THIRUVENGADAM, M. Evaluation of phenolic compounds, antioxidant and antimicrobial activities from transgenic hairy root cultures of gherkin (*Cucumis anguria* L.). **South African Journal of Botany**, v. 100, p. 80–86, 2015.