



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

NAIARA NOBRE DOS REIS

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS PARA
OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO**

LARANJEIRAS DO SUL

2019

NAIARA NOBRE DOS RES

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS PARA
OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Leda Battestin Quast

LARANJEIRAS DO SUL

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Reis, Naiara Nobre dos
AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
TECNOLOGICOS PARA OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO / Naiara
Nobre dos Reis. -- 2019.
51 f.

Orientador: Dra. Leda Battestin Quast.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia de Alimentos, Laranjeiras do Sul, PR , 2019.

1. Desenvolvimento. 2. Difusão. 3. Regional . 4.
Secagem . 5. cinética. I. Quast, Leda Battestin,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

NAIARA NOBRE DOS REIS

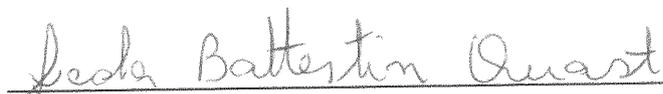
**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS
PARA OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professora Dr^a. Leda Battestin Quast

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 13 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Leda Battestin Quast



Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos



Prof. Dr. Ernesto Quast

Dedico meu trabalho aos meus pais e avós, por serem minha maior fonte de inspiração, e aos meus pequenos irmãos por serem a luz da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais Dejair e Maria por todo esforço que fizeram para formar sua filha, e por serem meu porto seguro. Agradeço a toda a minha família pelo apoio, incentivo e compreensão da minha ausência em muitos momentos. A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Leda Battestin Quast, da qual admiro muito, por todos os ensinamentos e em especial a paciência, serei eternamente grata. A todos os professores da Engenharia de Alimentos, por toda a dedicação. A banca examinadora, Prof. Dr^o Gustavo Fidelis dos Santos e Prof. Dr^o Ernesto Quast, por terem aceitado o convite em contribuir com o trabalho. Em especial ao Prof. Dr^o Gustavo Fidelis dos Santos que sempre esteve à disposição, e por muitas vezes me auxiliou em diversas situações, muito obrigada. A Fundação Araucária pela bolsa a qual recebi para o desenvolvimento da pesquisa. Agradeço ao ITAL, em especial ao Prof. Dr^o Antonio Marsaioli Júnior, por toda sua disponibilidade, auxílio e dedicação, com certeza é alguém que admiro. Ao seu Décio e a dona Mildsen, que me receberam durante o período de estágio, e me mostraram como um casal pode ser eternamente apaixonado, levo vocês no coração. Ao Prof. Me Rafael Stefenon e a Prof^a. Dr^a Eduarda Molardy Bainy por todo auxílio durante minha gestão na empresa júnior. A Joyce por toda a ajuda na execução do trabalho e a Diely por dar continuidade. Aos meus amigos por todos os momentos, por todas as histórias e lembranças. Ao Marianno por tanto tempo morando juntos e por estar sempre perto quando precisei. A Glória e a Cleusy por toda ajuda no início da graduação. À Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade e infraestrutura.

RESUMO

O presente trabalho almejou incentivar a utilização das sementes de *Araucaria angustifolia* para a formulação de novos produtos alimentícios. Foram caracterizados os compostos fenólicos presentes na casca com película e semente do pinhão *in natura*, e avaliada a incorporação de compostos fenólicos nas sementes de araucária durante a sua cocção, e seu comportamento posterior a secagem. Os resultados obtidos demonstraram um aumento de praticamente 4 vezes o teor de compostos fenólicos por parte das sementes, mesmo após o processo de secagem, e uma diminuição na concentração de cerca de 32% na casca com a película após o processo de cocção. Foi estudada a cinética de secagem da pasta obtida a partir do pinhão cozido, em secador com circulação forçada de ar, nas temperaturas de 50°C, 60°C, 70°C e 80°C, e para a pasta de pinhão cru em temperatura de 70°C. O período de secagem predominante foi o de taxa decrescente o que indica que o processo da secagem das pastas ocorreu em regime transiente, onde a transferência de massa é dada pelo processo de difusão. Para a pasta de pinhão cozido foram encontrados coeficientes de difusão equivalentes a $(1,43 \pm 0,02) \times 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $1,58 \pm 0,16) \times 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $(2,50 \pm 0,00) \times 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $(2,53 \pm 0,10) \times 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, para as temperaturas de 50°C, 60°C, 70°C e 80°C, respectivamente e para a pasta de pinhão cru foi determinado coeficiente de difusão correspondente a $(2,25 \pm 0,19) \times 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Os coeficientes de difusão para a pasta de pinhão cru e cozido, assim como umidade final das farinhas obtidas, não apresentaram diferença significativa. Considerando o teor de umidade alcançado ao termino do processo de secagem, assim como os resultados das análises centesimais e de compostos fenólicos, a temperatura de 70°C mostrou-se a mais adequada para a obtenção de farinha de pinhão cozido para aplicações futuras.

Palavras-chave: desenvolvimento, difusão, regional, secagem, cinética

ABSTRACT

The present work also encourages the use of *Araucaria angustifolia* seeds for the application of new food products. The phenolic compounds present in the pinhão coat and pinhão seed and evaluate the migration of phenolic compounds from coat to the seed during cooking. The results showed approximately a 4-fold increase in seed content of phenolic compounds even after the drying process and a loss in concentration of about 32% in the coat after the cooking process. It was studied a kinetics of drying the pasta from cooked pinhão seed, in a dryer with forced air circulation, at 50°C, 60°C, 70°C and 80°C, and for a raw pinhão seed mass at 70°C. The predominant drying period was a decreasing rate that indicates the mass drying process that occurred in transient regime, where the mass transfer is given by the diffusion process. For a cooked pinhão seed mass, diffusion coefficients equivalent to $(1.43 \pm 0.02) \times 10^{-7} \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$, $1.58 \pm 0.16) \times 10^{-7} \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$, $(2.50 \pm 0.00) \times 10^{-7} \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$, $(2.53 \pm 0.10) \times 10^{-7} \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$, for temperatures of 50°C, 60°C, 70°C and 80°C, respectively and for a raw pinhão seed mass, the diffusion coefficient corresponding to $(2,25 \pm 0,19) \times 10^{-7} \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$ was determined. Diffusion coefficients for a raw and cooked pinhão seed mass, such as the final catch of the cut flours, did not differ significantly. Develop the capture content achieved at the end of the drying process, such as the results of centesimal analyzes and phenolic compounds, at a temperature of 70°C, shown as the most suitable for the use of cooked pinhão seed flour for future applications.

Keyword: development, diffusion, regional, drying, kinetics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Semente da Araucaria angustifolia.	14
Figura 2- Cadeia Produtiva das sementes de Araucaria angustifolia.	15
Figura 3- Exemplo curva de secagem.	18
Figura 4- Metodologias dos experimentos realizados e metodologias a serem realizadas no futuro.	20
Figura 5- Proporção semente, película e casca do pinhão.....	21
Figura 6- Pasta de pinhão cozido e pasta de pinhão cru dispostas em camadas de 0,5 cm de espessura, em placas de petri.....	24
Figura 7- Incorporação de água de sementes de araucária durante o tempo de cocção.	26
Figura 8 - Comportamento da migração de compostos fenólicos em sementes de araucária durante o processo de cocção.	27
Figura 9 - Comportamento dos compostos fenólicos presentes na película com casca de pinhão durante o processo de cocção.	28
Figura 10 - Curvas de secagem de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.....	29
Figura 11- Taxa de secagem da pasta de pinhão em diferentes temperaturas.....	30
Figura 12- Linearização da cinética de secagem da pasta de pinhão cozido em diferentes temperaturas.....	31
Figura 13- Farinha obtidas a 70°C.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 2- Estimativas de modelos de secagem e suas derivadas.	29
Tabela 3- Estimativas de modelos para linearização das curvas de secagem.	31
Tabela 4- Coeficientes de difusão de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.	32
Tabela 5- Resultados médios das análises centesimais.	33
Tabela 6- Análise de cor para farinha de pinhão obtida em diferentes temperaturas.....	35
Tabela 7 - Resultados médios das análises de compostos fenólicos das farinhas, expressos e mg de ácido gálico por 100g de amostra em base seca.	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA	12
2. OBJETIVO	13
2.1 OBJETIVO GERAL:	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 PINHÕES.....	13
3.2 CADEIA PRODUTIVA	15
3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS	16
3.4 SECAGEM	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 PROPORÇÃO SEMENTE/PELÍCULA/CASCA	21
3.2 CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DO PINHÃO IN NATURA, COZIDO E FARINHA.....	21
3.2.1 UMIDADE E CINZAS	21
3.2.2 PROTEÍNAS PELO MÉTODO DE KJELDAHL.....	21
3.2.3 LIPÍDIOS PELO MÉTODO BLIGH-DYER.....	22
3.2.4 ANÁLISE DE COR	22
3.3 INCORPORAÇÃO DE ÁGUA DURANTE A COCÇÃO	22
3.4 COCÇÃO DOS PINHÕES	23
3.5 PREPARO DOS EXTRATOS PARA DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	23
3.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	23
3.7 OBTENÇÃO DA PASTA	23
3.8 CINÉTICA DE SECAGEM	24
3.9 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE MICRO-ONDAS NA SECAGEM DE PINHÃO	25
3.10 OBTENÇÃO DA FARINHA DE PINHÃO.....	25

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
3. 12 ANÁLISES A SEREM REALIZADAS	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 PROPORÇÃO SEMENTE, PELÍCULA E CASCA, INCORPORAÇÃO DE ÁGUA .	26
5.2 COMPORTAMENTO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE A COCÇÃO DE PINHÕES.....	26
5.3 CINÉTICA DE SECAGEM	28
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	33
5.5 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS APÓS O PROCESSO DE SECAGEM	36
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
7.REFERÊNCIAS	39
ANEXO 1:	44

1.INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

As sementes de *Araucaria angustifolia* apresentam aspectos econômicos, culturais e sociais de grande importância para a Região Sul do Brasil. Isto pode ser constatado por nomes de cidades como Pinhão, Araucária, Ribeirão do Pinhal, entre outras, assim como nas festividades juninas da região, onde o pinhão é amplamente utilizado, assim como sua comercialização ser vinculada com a sobrevivência de várias famílias de baixa renda (MUCCILLO, 2009, BALBINOT, et al.2008, SANTOS, et al. 2002).

A comercialização do pinhão é realizada somente com a semente in natura, ou seja, não há processamento póscolheita e conseqüentemente não há etapas de agregação de valor. Muitos produtos como castanha do Pará, ratan, palmito dentre outros já estão sendo comercializados internacionalmente com um alto valor agregado, mas os pinhões permanecem pouco explorados, isto pode ser devido a informalidade da sua comercialização (Silva, 2008).

O pinhão atinge elevados teores de umidade e atividade de água, dessa forma é facilmente contaminado por fungos ao longo de seu armazenamento, sendo este um obstáculo para sua comercialização. Um dos principais métodos de processamento e conservação que pode ser utilizado é o método de secagem, proporcionando vantagens como facilidade de transporte e armazenamento, maior vida útil, entre outros (ANDREOLA et al, 2012).

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios a partir do pinhão pode representar uma alternativa de comercialização do produto fora da safra, bem como fornecer alternativas de incremento de renda, soberania alimentar e valorização do produto. Segundo o Relatório de Inteligência do Sebrae (2018) o quilo de pinhão *in natura* é comercializado com valores entre R\$ 3,00 a R\$ 4,00, sendo que descascado e picado vale entre R\$ 13,00 e R\$ 16,00, gerando cerca de 400% de valor agregado, pela aplicação de uma simples operação unitária.

Muitos produtos alimentícios têm sido formulados a partir de pinhões, com o intuito de agregar valor a estas sementes e valorizar ainda mais a economia e cultura da região sul do país. (CLADERA-OLIVERA et al., 2005; SILVA, 2008; BATISTA, 2014; CONTO, et al., 2015; GUIDOLIN, 2016).

A partir de todo o exposto, o presente trabalho almejou incentivar a utilização das sementes de *Araucaria angustifolia* para a formulação de novos produtos, analisando os melhores parâmetros físico-químicos para a obtenção da farinha de pinhão.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL:

Incentivar o desenvolvimento de novos produtos alimentícios a partir do pinhão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar o pinhão *in natura*, cozido, casca+película e farinhas obtidas em diferentes temperaturas (50°C, 60°C, 70°C e 80°C) em termos das suas características físico-químicas;
- Caracterizar os compostos fenólicos presentes na casca+película e semente pinhão *in natura* e cozido, assim como das farinhas obtidas;
- Avaliar a migração dos compostos fenólicos presentes na casca+película para o grão durante o seu cozimento;
- Determinar o comportamento dos compostos fenólicos da semente de pinhão cozido ao término do processo de secagem;
- Avaliar a cinética de secagem das pastas de pinhão cru e cozido;
- Determinar o coeficiente de difusão das pastas em diferentes temperaturas (50°C, 60°C, 70°C e 80°C);
- Determinar a melhor temperatura para obtenção da farinha;
- Obter farinha de pinhão;
- Como continuação do trabalho, almeja-se a determinação das isotermas de sorção e propriedades termodinâmicas da farinha de pinhão;
- Como continuação do trabalho, almeja-se a avaliação da possibilidade de aplicação da farinha de pinhão na elaboração de biscoito tipo *cookie*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PINHÕES

A *Araucaria angustifolia* é uma gimnosperma, em que seus frutos, as pinhas, são formados por aproximadamente 100 sementes, conhecidas como pinhões. Sua casca é de cor avermelhada e a polpa, parte comestível, é muito dura para ser consumida *in natura*, de maneira a necessitar de um processo de abrandamento de sua textura para permitir o consumo.

Por conta de seu alto valor nutritivo, e por fazer parte da alimentação da fauna silvestre, é muitas vezes utilizado na alimentação de animais (GUIDOLIN, 2016).

Os pinhões desenvolvem-se nas brácteas do amentilho feminino, a partir de óvulos nus, tem em média 3 a 8 cm de comprimento, por 1 a 2,5 cm de largura, com peso médio de 8,7 g. Um quilograma de pinha pode produzir aproximadamente 123 a 205 sementes (EMBRAPA, 2002). O pinhão é formado por um óvulo maduro que contém um embrião. Este óvulo é envolto pela bráctea, uma espécie de folha modificada, constituída pelo tegumento (casca) com um micrópilo (pequena abertura) pelo megasporângio (núcleo que serve de alimento nos primeiros estágios da germinação) e pelo megásporo (embrião) (CAPELLA, 2008).

Figura 1- Semente da *Araucaria angustifolia*.



Fonte: Autora.

Por mais que a principal fonte de reserva das sementes da *Araucaria angustifolia* seja o amido, este também é uma boa fonte de carboidratos, fibras, magnésio, cobre, baixos teores de proteínas, de lipídios e açúcares solúveis (MUCCILLO, 2009). As concentrações dos constituintes variam conforme o estágio de desenvolvimento da semente (CAPELLA, 2008, GUIDOLIN, 2016). Os pinhões possuem também compostos fenólicos, flavonoides e proantocianidinas, que se encontram em maior quantidade nas sementes cozidas, por conta da migração dos compostos da casca para as sementes após o processo de cocção (CORDENUSI et al. 2004; DAUDT, 2016; CLADERA-OLIVEIRA, et al. 2008).

A casca do pinhão representa aproximadamente 20% do peso da semente, e é classificada como resíduo para a indústria de alimentos, mesmo possuindo grande quantidade de compostos fenólicos, implicando na relevância do seu uso como agente antioxidante, além de ser relacionada com a redução dos níveis de triglicerídeos (CLADERA-OLIVEIRA, 2008, DAUDT et al. 2016 e SANTOS, 2016).

A umidade e atividade de água elevadas do pinhão *in natura* são características que afetam a comercialização do produto, pois esses fatores podem favorecer o aparecimento de fungos, limitando o tempo de armazenamento. Por isso, vários produtos alimentícios vêm

sendo formulados a partir das sementes de *Araucaria angustifolia*, com o intuito de agregar valor a estas sementes e valorizar ainda mais a economia e cultura da região sul do país.

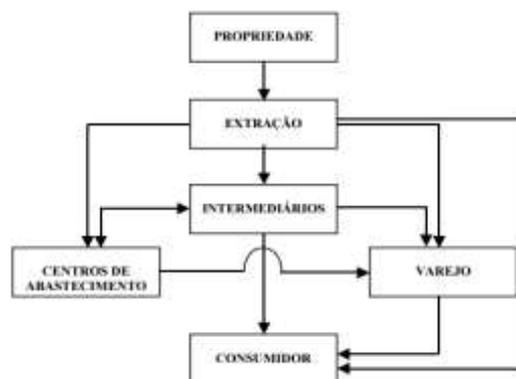
Batista (2014) elaborou cervejas, Guidolin (2016) formulou extrusados, Cladera-Olivera et al (2005) analisaram as melhores condições de processamento e armazenamento do pinhão, para a possibilidade de elaboração de novos produtos e Conto et al, (2015) elaboraram barras de cereais.

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios a partir do pinhão pode representar uma alternativa de comercialização do produto fora da safra, bem como fornecer alternativas de incremento de renda, soberania alimentar e valorização do produto.

3.2 CADEIA PRODUTIVA

A cadeia produtiva do pinhão no estado do Paraná está apresentada conforme a Figura 2.

Figura 2- Cadeia Produtiva das sementes de *Araucaria angustifolia*.



Fonte: SANTOS, et al 2002.

Os pinhões são obtidos de duas maneiras. Quando maduras as pinhas desprendem-se da árvore, caindo ao solo e sendo colhidas. Esta é uma técnica não muito aconselhável levando em consideração a deterioração das mesmas pelo ataque de insetos e roedores, além do fato de que a maturação das pinhas ocorre em períodos de tempo diferentes, levando a coleta em pequenas quantidades, havendo assim a necessidade de se fazer várias vezes o percurso pelas árvores para se coletar uma quantidade satisfatória. O segundo modo é a retirada das pinhas e sementes de forma manual. A derrubada pode ser feita pelo auxílio de bambus ou pela subida nas árvores, porém o acesso aos galhos não é simples, e a falta de utilização de equipamentos de segurança para a subida é um problema a ser analisado. Outro fator é a dificuldade para se transportar grandes quantidades de pinhas. Uma das alternativas

é abrir as pinhas *in loco*, mas dependendo do nível de maturação das mesmas isto nem sempre é possível (SANTOS et al 2002, SILVA 2009, SILVA et al, 2017).

A colheita de pinhões é vinculada a sobrevivência de várias famílias de baixa renda, principalmente quando são reduzidos os números de empregos relacionados com a agricultura, visto que a coleta desse produto tem sazonalidade no outono e inverno, onde a comercialização é restringida em sua maioria ao período de março a junho. Esta concentração da produção, nesse curto período, promove um baixo grau de industrialização do produto, que é comercializado, via de regra *in natura*. (SILVA e MIGUEL 2017). Como pode ser analisado a cadeia produtiva do pinhão, onde não se obtém etapas de agregação de valor, não há processamento pós colheita, sendo assim caracteriza-se mais como um canal de comercialização do que uma cadeia propriamente dita.

Conforme Silva e Reis (2009), muitos produtos como castanha do Pará, ratan, palmito dentre outros já estão sendo comercializados internacionalmente com um alto valor agregado, mas os pinhões permanecem menosprezados, isto pode ser devido a informalidade da sua comercialização.

3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS

São substâncias que possuem anéis aromáticos e hidroxilas, além de seus grupos funcionais que dão a estes seu poder antioxidante. Estão amplamente presentes nos vegetais, em formas livres e complexadas, englobando moléculas simples às mais complexas. Destacam-se os flavonoides, os ácidos fenólicos, moléculas mais simples, os taninos, presentes em diversas frutas, responsáveis pela precipitação de proteínas, os tocoferóis como os antioxidantes fenólicos mais comuns de fonte natural incluindo proteínas salivares da cavidade oral (ROCHA *et al.* 2011, ANGELO e JORGE 2007).

Diversos estudos demonstraram a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos, assim como a prevenção de doenças cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas. Algumas pesquisas relacionam o resveratrol, quercetina, ácido caféico e flavonóis, como responsáveis pela inibição de cânceres de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele. Essas características foram relacionadas a sua atividade antiinflamatória e inibição da proliferação de fungos (SILVA et al, 2010, ANGELO e JORGE 2007, ABE et al, 2007, SOARES 2002).

Os compostos fenólicos podem agir como antioxidantes, tanto atribuído ao fato de obter radicais intermediários estáveis, responsáveis pelo impedimento da oxidação de ingredientes presentes no alimento, como também pela sua habilidade em doar hidrogênio ou

elétrons, funcionando assim como sequestradores de radicais e ocasionalmente como quelantes de metais. São considerados estáveis, por conta da ressonância do anel aromático presente nestas substâncias (SILVA et al, 2010, SOARES, 2002).

Os principais compostos fenólicos encontrados nas sementes de pinhão, tanto cruas quanto cozidas são, catequina e quercetina. Quando as sementes são submetidas a um processo de cocção apresentam quatro vezes mais quantidades de compostos fenólicos que as sementes cruas, assim como apresentam maior concentração de catequina (DAUDT,2016).

3.4 SECAGEM

A diminuição da atividade de água (a_w) de um produto pela remoção de umidade do alimento é uma das mais antigas técnicas de conservação, pois promove a inibição do desenvolvimento de microrganismos, como fungos e bactérias, e retarda deterioração enzimática e/ou físico-química. Sementes em geral podem ser armazenadas por um maior período quando são submetidas a um processo de secagem (SILVA, 2004).

A secagem, além de um método de conservação, é um método de agregação de valor aos alimentos, proporcionando vantagens como, facilidade de transporte e armazenamento, maior vida útil entre outros (ANDREOLA et al, 2012).

Park (2014) e Alonso (2001) dividem as transferências de calor e de massa no decorrer do processo de secagem convencional em três períodos.

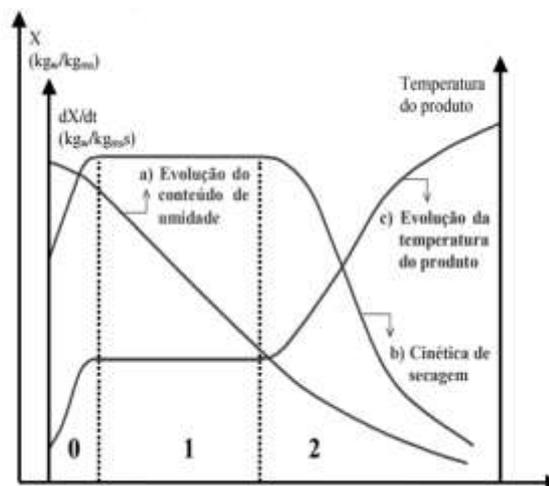
- Período de indução- a temperatura inicial do alimento é inferior à temperatura do ar utilizado, a pressão de vapor na superfície do produto é baixa, sendo assim, a transferência de massa e a taxa de secagem também são baixas. Conforme a temperatura vai aumentando ocorre o aumento da pressão e da taxa de secagem. Isto ocorre até que a transferência de calor equivalha à transferência de massa. Esse período é insignificante, tendo em vista que sua duração é muito curta quando comparada ao período total de secagem.

- Período de taxa constante de secagem- ainda é vasta a quantidade de água disponível, sendo que esta continua evaporando como água livre. Tanto a pressão de vapor na superfície, que equivale à pressão de vapor da água pura, quanto a temperatura do produto, equivalente à temperatura de bulbo úmido do ar, se mantém constantes, fazendo com que as transferências de energia, em forma de calor e de massa sejam equivalentes. Esse período avança com taxa de secagem constante, até que a migração de água do interior do produto à superfície compense a evaporação de água na superfície. Segundo os autores, esse período é praticamente inexistente para materiais biológicos, pois a transferência de massa do interior

para a superfície apresenta grande resistência devido às condições impostas pela secagem, não compensando a taxa de evaporação da superfície do material.

- Período de taxa decrescente de secagem- conforme ALONSO (2001) é o único período presente na secagem da maioria dos produtos biológicos. A dificuldade de migração da água para a superfície, que é o principal fator limitante, faz com que a taxa de secagem atenua. O ponto crítico (X_s, cr), determina o início deste período, trata-se do valor do teor de água que determina a transição de taxa constante para decrescente, um ponto empírico, que depende inclusive das condições operacionais de secagem. A troca de calor não é mais compensada, de forma que a temperatura do produto se eleva e vai tendendo assintoticamente para a temperatura do ar até que estas sejam equivalentes ($X_s = X_{s,eq}$) e a velocidade de secagem seja nula.

Figura 3- Exemplo curva de secagem.



Fonte: ALONSO, 2001.

Considerando que as sementes da *Araucaria angustifolia* são recalcitrantes, em que somente a secagem, não é suficiente para garantir sua viabilidade, a obtenção do pinhão em forma de farinha, para a formulação de diversos produtos, é um processamento interessante, aumentando assim sua *shelf life* (CAPELLA et al., 2009).

O estudo das características físico-químicas de produtos após o processo de secagem produz informações técnicas relevantes para o estudo do seu acondicionamento e aplicações em alimentos (AK, 2018).

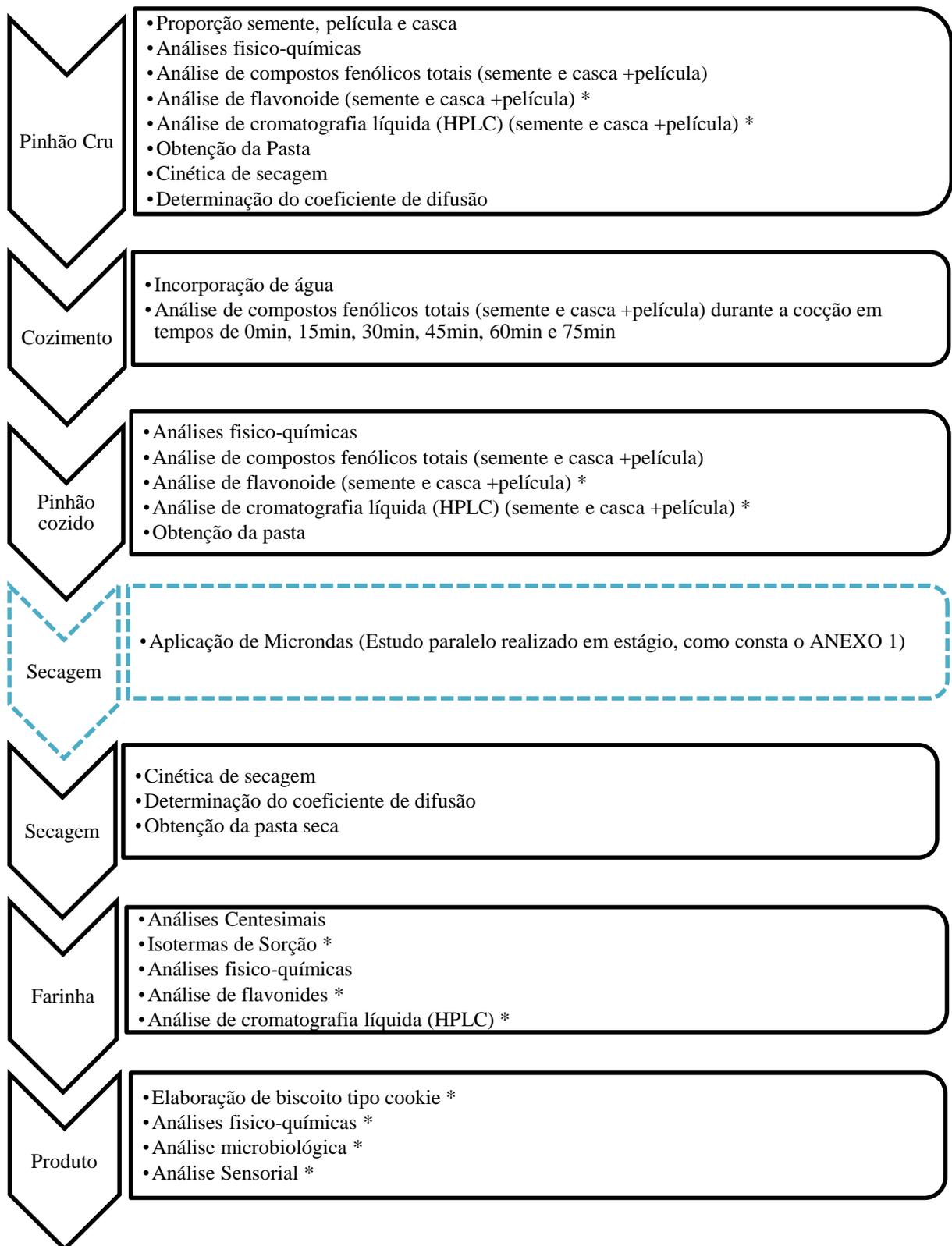
4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *campus* Laranjeiras do Sul- PR.

As sementes de *Araucaria angustifolia* (pinhão) utilizadas foram adquiridas no comércio da cidade de Guarapuava- PR, pré-selecionadas, de maneira a excluir as sementes danificadas mecanicamente, ou por ataque de insetos e/ou fungos e armazenadas, em sacos plásticos vedados, no freezer em temperatura de -27°C .

Este estudo apresentado na forma de TCC, terá continuidade. Dessa forma, para um melhor entendimento de toda a parte tecnológica, as metodologias para as análises já realizadas, assim como para as análises a serem realizadas são apresentadas na Figura 4.

Figura 4- Metodologias dos experimentos realizados e metodologias a serem realizadas no futuro.



Nota: Análises apresentadas com o símbolo asterisco (*) serão feitas no futuro em complementação a este projeto.

3.1 PROPORÇÃO SEMENTE/PELÍCULA/CASCA

A proporção centesimal semente, película e casca, foi determinada perante a medida da massa de 100 pinhões.

Figura 5- Proporção semente, película e casca do pinhão.



[1] Casca; [2] Película; [3] Sementes de Araucária.

Fonte: Autora.

3.2 CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DO PINHÃO IN NATURA, COZIDO E FARINHA

As amostras foram analisadas em triplicata e os métodos de análises utilizados estão descritos abaixo de acordo com a metodologia Adolfo Lutz (2008).

3.2.1 UMIDADE E CINZAS

Para realizar a análise do teor de umidade, foram medidas as massas de cadinhos previamente secos e, posteriormente transferido a massa de amostra analisada para cada cadinho. As amostras foram aquecidas em estufa a 105°C, por aproximadamente 18 h, ponto no qual a massa se tornou constante. Posteriormente foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, medindo-se a massa novamente e calculando-se a umidade, sendo está expressa em termos de massa de amostra seca. Os mesmos cadinhos foram submetidos para a determinação de cinzas. Utilizando-se o método de incineração das amostras em mufla a 550°C, até peso constante. Calcinou-se as amostras em mufla a 550°C, por 10 h. Posteriormente as amostras foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente, medindo-se a massa novamente e calculando-se o teor de cinzas, sendo este expresso em termos de massa de amostra seca.

3.2.2 PROTEÍNAS PELO MÉTODO DE KJELDAHL

O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl. Foram medidos aproximadamente 0,2 -0,5 g de amostra em tubo de digestão, foram adicionados cerca de 1,5 g de mistura catalítica (1:3 de sulfato de cobre e sulfato de potássio) e 7 mL de ácido sulfúrico

concentrado. A mistura foi aquecida lentamente até alcançar temperatura de 350°C e mantida sob aquecimento por 4 h, até a completa digestão da amostra, observada pela mudança de coloração (preto para verde claro). Após a digestão, as amostras foram transferidas para o destilador de nitrogênio. Aos poucos adicionou-se hidróxido de sódio 40%, até a mistura tornar-se marrom escura. O nitrogênio foi destilado e coletado em erlenmeyer, contendo 25 mL de solução de ácido bórico 2%, com 3 gotas do indicador misto, sendo este mergulhado na saída do condensador. Destilou-se aproximadamente 75 mL de solução. O borato de amônio coletado na etapa anterior, foi titulado com solução de ácido clorídrico 0,1 mol.L⁻¹, até a viragem do indicador. O mesmo procedimento foi realizado para a prova do branco. O conteúdo de nitrogênio, das diferentes proteínas é de aproximadamente 16%. Assim, o valor de nitrogênio encontrado, foi multiplicado pelo fator de correção de 6,25, a fim de se obter o teor de proteínas do material.

3.2.3 LIPÍDIOS PELO MÉTODO BLIGH-DYER

Foram medidos aproximadamente 3 g das amostras em béqueres previamente aquecidos em estufas a 105 °C. Adicionou-se 10 mL de clorofórmio e 10 mL de metanol. A mistura foi submetida a agitação por 30 min. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL de sulfato de sódio anidro 1,5%, submetendo a mesma por 2 min de agitação. Deixou-se a mistura em repouso por 10 min. Retirou-se cerca de 15 mL da camada inferior e transferiu-se para um tubo de 30 mL. Em seguida foi adicionado aproximadamente 1 g de sulfato de sódio anidro. Transferiu-se, com o auxílio de uma pipeta exatamente 5 mL da solução para um béquer previamente tarado. O béquer foi levado à estufa a 80°C até a evaporação do solvente. Este foi resfriado em dessecador até alcançar temperatura ambiente e pesados.

3.2.4 ANÁLISE DE COR

A análise de cor foi realizada utilizando o sistema CIELAB de cores com leitura direta e os parâmetros L*, a* e b* foram determinados.

3.3 INCORPORAÇÃO DE ÁGUA DURANTE A COCÇÃO

Foi medida a massa de 7 pinhões durante o processo de cocção, nos tempos 0 min, 15 min, 30 min, 45 min, 60 min e 75 min.

3.4 COCÇÃO DOS PINHÕES

A Cocção dos pinhões foi realizada utilizando água em pressão ambiente na temperatura de 100°C, na proporção 200 g de pinhão para 2 L de água, o tempo de cocção estipulado (75 min), assim como proporção pinhão e água, foram definidos através de testes preliminares. Durante o cozimento, foram retiradas amostras de pinhão nos tempos de 15 min, 30 min, 45 min, 60 min e 75 min. Após cozimento as sementes foram devidamente identificadas e armazenadas para posterior análise. Das amostras retiradas, foram avaliados os compostos fenólicos da casca, película e semente.

3.5 PREPARO DOS EXTRATOS PARA DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os extratos foram obtidos através de uma adaptação da metodologia de Santos (2016). Foram pesados 2,5 g de amostra (tratando-se da semente) ou 1g de amostra (tratando-se da casca e película), e solubilizados em 100 mL de etanol 45% (v/v), agitados a 780 rpm por 1h e 10 min em agitador magnético, aquecidos em banho maria na temperatura de 63,5°C, posteriormente foram filtrados a vácuo e armazenados a -20°C até o momento das análises.

3.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A determinação dos compostos Fenólicos foi realizada seguindo o método de Folin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-kojic et al., (2007). Foi transferida uma alíquota de 1 mL do extrato para um balão de 25 mL, (envolto por papel alumínio, para proteção à luz), 3 mL de água destilada, 4 mL de solução de Folin-Ciocalteu a 10 % (v/v) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (Na₂CO₃) a 7,5% (m/v). O volume foi completado com água destilada e a mistura homogeneizada. Logo após os frascos foram armazenados em repouso, na ausência de luz, por 2h, em seguida foi realizada a leitura espectrofotômetro a 765 nm, descontando o valor do branco de cada medida. A curva padrão foi realizada pelo utilização de ácido gálico (AG) nas concentrações de 0,2; 0,5; 1,0 e 2,5 mg de AG/L. Os resultados foram expressos em mg de AG / 100 g de amostra.

3.7 OBTENÇÃO DA PASTA

Após as etapas de cocção e descascamento, os pinhões foram triturados em um multiprocessador de escala de laboratório, durante 1min, para obtenção da pasta de pinhão

cozida. A pasta de pinhão cru, foi obtida após descascamento e trituração em um multiprocessador de escala de laboratório, durante 1min.

3.8 CINÉTICA DE SECAGEM

A análise foi realizada em triplicata. As pastas foram dispostas em camadas de 0,5 cm de espessura, em placas de petri, como demonstra a Figura 6, e levadas em estufa com circulação de ar forçada. As pastas obtidas a partir do pinhão cozido foram submetidas a secagens em temperaturas de 50, 60,70 e 80 °C. As pastas obtidas a partir do pinhão cru foram submetidas a secagem em temperatura de 70°C, temperatura definida posteriormente as secagens realizadas da pasta de pinhão cozido a mérito de comparação. A massa das amostras foi aferida de 10 em 10 min, durante período de maior perda de massa, após de 30 em 30 min até a massa atingir o equilíbrio.

Figura 6- Pasta de pinhão cozido e pasta de pinhão cru dispostas em camadas de 0,5 cm de espessura, em placas de petri.



[1] pasta de pinhão cru; [2] Pasta de pinhão cozida.
Fonte: Autora.

O cálculo do coeficiente de difusão da água pela pasta de pinhão foi determinado utilizando-se a equação que representa a difusão em regime transiente, descrita por Singh e Heldman (2009).

$$t = \frac{4 * d^2}{\pi * D_{ab}} \ln\left[\frac{8}{\pi^2} * \left(\frac{x_c - x_e}{x - x_e}\right)\right]$$

Em que: d (cm) representa a espessura característica do material durante a secagem. X_c (gH₂O.gms⁻¹) é a umidade crítica, determinada pelo início da taxa de secagem decrescente, X_e (gH₂O.gms⁻¹) é a umidade de equilíbrio e X (gH₂O.gms⁻¹) é a umidade que depende de cada tempo de secagem. O D_{ab} (cm².s⁻¹) representa o coeficiente efetivo de difusão da água pela pasta de pinhão.

3.9 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE MICRO-ONDAS NA SECAGEM DE PINHÃO

Todas as metodologias empregas neste estudo paralelo constam no ANEXO 1, do presente trabalho.

3.10 OBTENÇÃO DA FARINHA DE PINHÃO

Após secagem, a patas foi submetida a um processo de trituração em moinho adequado seguido de peneiramento para padronização da granulometria.

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi aplica análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com significância de 5%.

3. 12 ANÁLISES A SEREM REALIZADAS

Serão realizadas as seguintes análises para continuidade do projeto:

- Análise de flavonoides: determinados conforme ZHISHEN, MENGCHENG e JIANMING (1999);
- Análise do perfil fenólico (HPLC-DAD-ESI/MS): realizada através de cromatógrafo líquido acoplado a espectrômetro de massas;
- Fibra alimentar: pelo método enzimático gravimétrico;
- Propriedades viscoamilográficas das farinhas: avaliadas por RVA - Rapid Visco Analyser, por meio do perfil Standard Analysis);
- Índice de absorção de água: determinado conforme a com metodologia de Okezie e Bello (1988);
- Fluidez e densidade das farinhas: determinadas conforme a metodologia de Asokapandian et al. (2015);
- O perfil de textura (TPA): analisado utilizando texturômetro de bancada;
- Determinação das isotermas de sorção: através do método estático seguindo metodologia descrita por Park, Bin e Brod (2001) e por Oliveira, Afonso e Costa (2011), nas temperaturas de 25 e 30°C.
- Análise microbiológica: conforme a Instrução Normativa 62/2003 e comparadas com as normas da RDC 12/2001;
- Elaboração dos biscoitos tipo cookie: realizada com base no descrito por Acorsi et al., 2008 com algumas adaptações;

- Análise Sensorial: Os avaliadores julgarão as amostras em relação aos atributos sensoriais de aparência, cor, aroma, doçura, textura, impressão global e intenção de compra de acordo com escala hedônica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

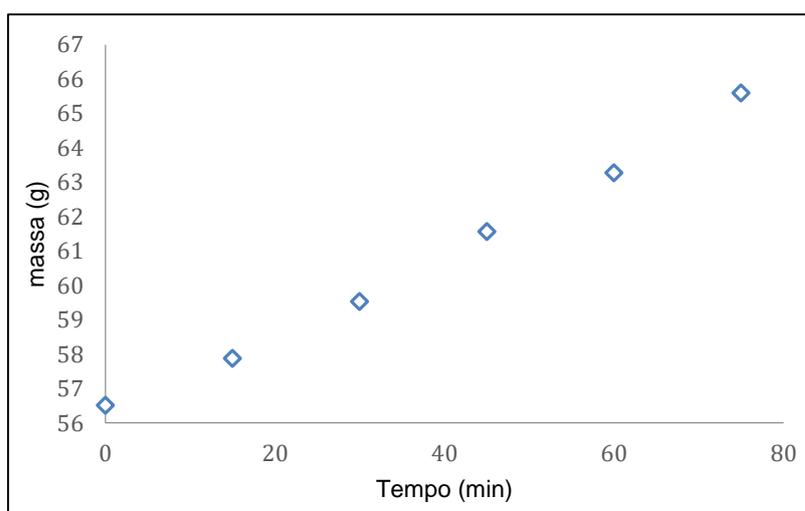
5.1 PROPORÇÃO SEMENTE, PELÍCULA E CASCA, INCORPORAÇÃO DE ÁGUA

A semente, película e casca do pinhão, correspondem a 69,8%, 3,09% e 19,6% de seu peso, respectivamente, demonstrando que a utilização das cascas de pinhão pode representar um potencial de estudo, visando o reaproveitamento deste resíduo.

A incorporação de água dos pinhões durante sua cocção foi proporcionalmente linear em relação ao tempo do processo conforme ilustrado na Figura 7.

Houve um aumento de aproximadamente 16% em peso das sementes. Este fato provavelmente é devido à gelatinização do amido, consequentemente ao intumescimento dos grânulos levando a incorporação de água. Segundo Guidolin (2016) um dos impedimentos de uma maior incorporação de água pode se dever à tensão que a casca provoca sobre a semente durante a cocção.

Figura 7- Incorporação de água de sementes de araucária durante o tempo de cocção.



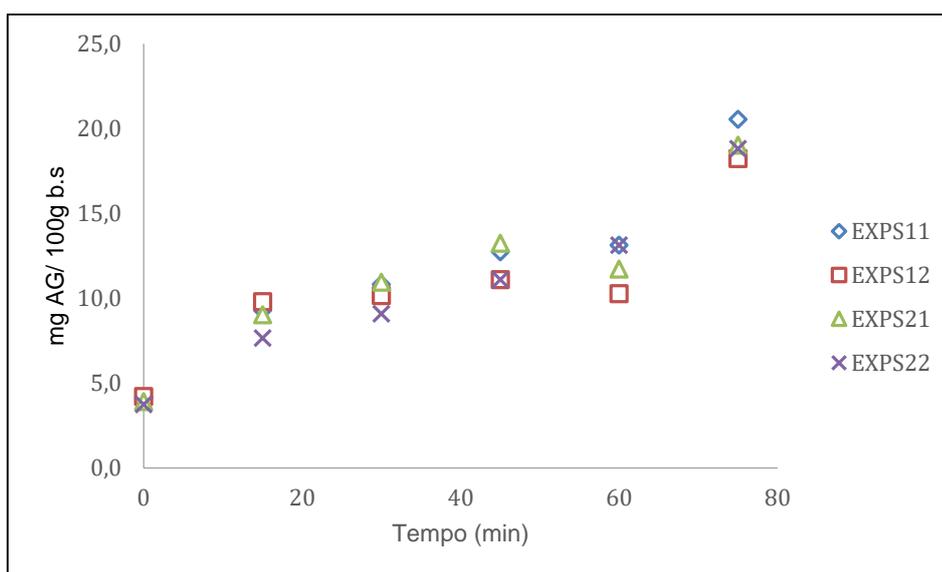
5.2 COMPORTAMENTO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE A COCÇÃO DE PINHÕES

Para avaliar o comportamento da migração de compostos fenólicos em pinhões durante o processo de cocção, utilizou-se a curva de calibração na faixa de concentração de

0,2 - 2,5 mg de ácido gálico por L, com equação da reta: $Y=0,01151+0,05744.X$ e R^2 : de 0,994. Foram calculadas as concentrações de compostos fenólicos, expressas em base seca, em diferentes intervalos de tempo de cocção.

A Figura 8 apresenta o valor dos compostos fenólicos para a semente durante a cocção.

Figura 8 - Comportamento da migração de compostos fenólicos em sementes de araucária durante o processo de cocção.



NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo EXS11 e EXS12 para aos dados das duplicatas do primeiro extrato e, EXS21 e EXS22 para aos dados das duplicatas do segundo extrato.

No tempo zero as sementes apresentaram $4,07 \pm 0,22$ mgAG.100g⁻¹, enquanto que, após a cocção (75 min), esse valor subiu para $20,04 \pm 0,70$ mgAG.100g⁻¹, mostrando um aumento de cerca 5 vezes do valor inicial. Os resultados dos compostos fenólicos obtidos, no presente estudo, estão semelhantes aos encontrados na literatura. Koehnlein et al. (2012) e Thys e Cunha (2015) obtiveram para as sementes *in natura* valores de $5,92 \pm 0,09$ mgAG.100g⁻¹ e $5,75 \pm 1,11$ mgAG.100g⁻¹, e para as sementes após a cocção, os referidos autores obtiveram $24,06 \pm 1,3$ mgAG.100g⁻¹ e $22,09 \pm 0,11$ mgAG.100g⁻¹, respectivamente.

A Figura 9 apresenta os resultados dos compostos fenólicos da casca+película do pinhão durante a cocção.

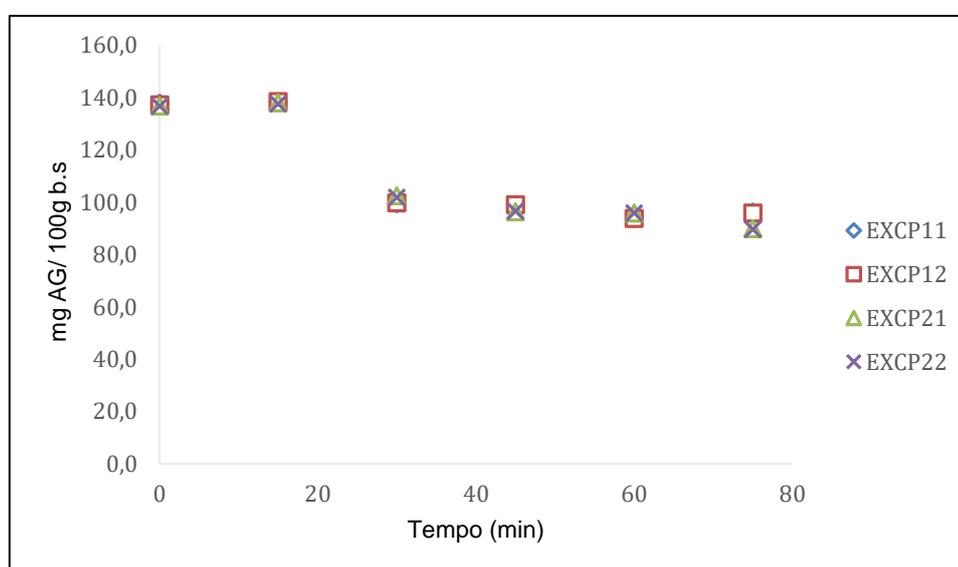
No presente estudo a casca com película *in natura* apresentaram um teor de $137,09 \pm 0,49$ mgAG.100g⁻¹ e após a cocção o valor foi para $92,96 \pm 3,66$ mgAG.100g⁻¹, mostrando uma grande diminuição na concentração, cerca de 32%. Toniolo e Cladera-Oliveira (2011) e Darolt e Helm (2012) também constataram esta redução do teor de fenólicos presentes na

casca após o processo de cocção.

Pela Figura 9 é possível constatar que ocorre grande diminuição dos compostos fenólicos presentes na casca com película nos primeiros 30 min de cocção, posteriormente tende a ficar constante.

Segundo Thys e Cunha (2015), a maior migração no teor de compostos fenólicos totais em pinhão durante o processo de cocção ocorre devido ao rompimento de membranas presentes na parede celular da casca, desta forma, facilitando a migração dos carotenoides para o endosperma, e conseqüentemente tornando-os mais biodisponíveis. Pode-se também ocorrer a hidrólise parcial dos taninos presentes no revestimento do pinhão, produzindo fenólicos mais simples e estes migrando para a semente com maior facilidade (KOEHNLEIN et al., 2012).

Figura 9 - Comportamento dos compostos fenólicos presentes na película com casca de pinhão durante o processo de cocção.



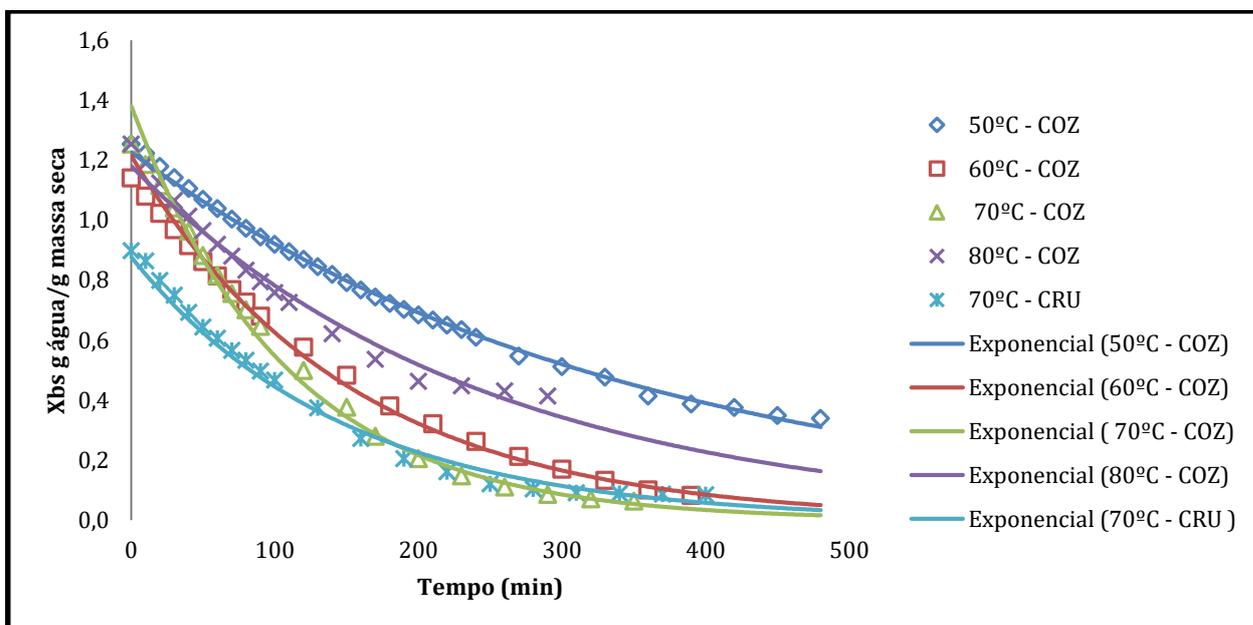
NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo EXCP11 e EXCP12 para aos dados das duplicatas do primeiro extrato, assim como, EXCP21 e EXCP22 para aos dados das duplicatas do segundo extrato.

5.3 CINÉTICA DE SECAGEM

Realizou-se estudos da cinética de secagem da pasta de pinhão cozido em quatro temperaturas (50, 60, 70 e 80°C) e para a pasta de pinhão cru em temperatura de 70°C. A secagem foi realizada em estufa com circulação de ar e em triplicata, sendo acompanhada a massa das amostras em intervalos regulares de tempo. Os dados médios das triplicatas são

apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Curvas de secagem de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.



NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

O comportamento de todas as curvas foi explicado pelo ajuste exponencial, sendo descrito pela equação $xbs(t) = a \cdot e^{bt}$, sendo a e b constantes. Os ajustes matemáticos, assim como suas respectivas derivadas estão expressos na Tabela 2.

Tabela 1- Estimativas de modelos de secagem e suas derivadas.

Temperatura	Ajuste matemático	R ²	Derivada
50°C – COZ	$xbs(t) = 1,2257 \cdot e^{-0,003t}$	0,996	$d(xbs)/dt = -3,68E-03 \cdot e^{-0,003t}$
60°C – COZ	$xbs(t) = 1,3158 \cdot e^{-0,005t}$	0,999	$d(xbs)/dt = -6,579E-03 \cdot e^{-0,005t}$
70°C – COZ	$xbs(t) = 1,3799 \cdot e^{-0,009t}$	0,995	$d(xbs)/dt = 12,419E-03 \cdot e^{-0,009t}$
80°C - COZ	$xbs(t) = 1,1799 \cdot e^{-0,004t}$	0,974	$d(xbs)/dt = -4,720E-03 \cdot e^{-0,004t}$
70°C – CRU	$xbs(t) = 0,8768 \cdot e^{-0,007t}$	0,972	$d(xbs)/dt = 6,132E-03 \cdot e^{-0,007t}$

NOTA: Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

Pela Tabela 2 pode-se observar que quanto maior a temperatura utilizada, menor o tempo de secagem. As amostras a 50, 60, 70 e 80°C levaram cerca de 480 min, 390 min, 350 min e 260 min, respectivamente, para atingirem o equilíbrio.

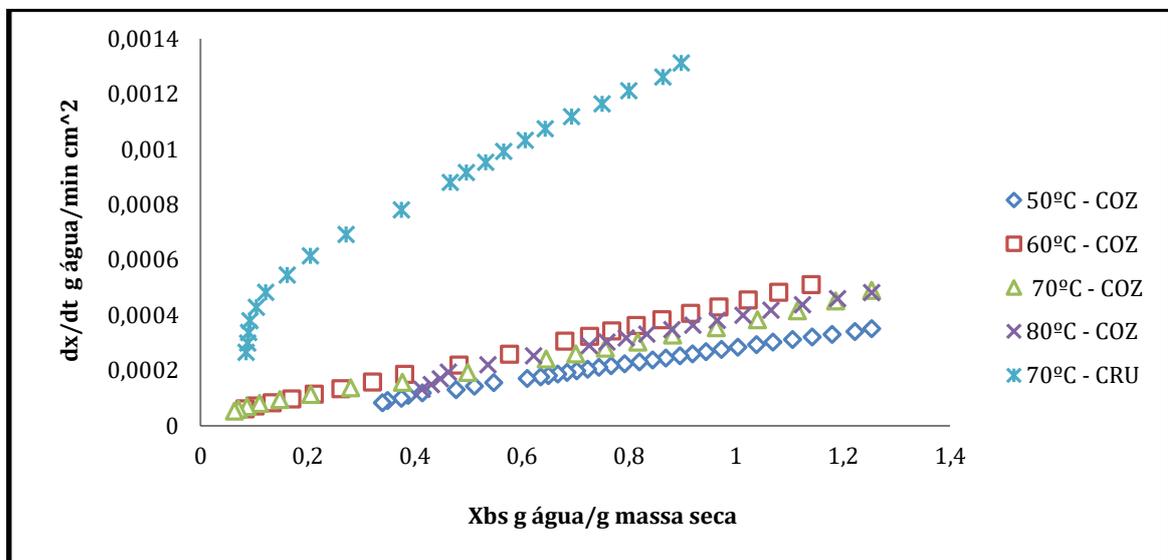
Ao término do processo de secagem as amostras da pasta de pinhão cozido apresentaram umidades de 22,44 ($\pm 0,16$) (bu)% (0,28gH₂O/gms (bs)), 7,68($\pm 0,07$) (bu)% (0,17gH₂O/gms (bs)), 5,06($\pm 0,15$) (bu)% (0,05gH₂O/gms (bs)), 24,00($\pm 0,05$) (bu)% (0,31gH₂O/gms (bs)), para a temperatura de 50°C, 60°C, 70°C e 80°C, consecutivamente, e a pasta de pinhão cru umidade de 3,35($\pm 0,01$) (bu)% (0,03gH₂O/gms (bs)).

Avaliando-se os resultados obtidos, é possível observar que a amostra submetida a 80°C apresentou elevada umidade ao término do processo de secagem, isto pode ter ocorrido devido a elevada desidratação superficial da pasta, que proporcionou uma barreira a saída de água. O que também foi constatado nos estudos de Capella et al (2009), onde os autores utilizaram temperatura de 65°C por aproximadamente 5 horas para a secagem de pinhões, e obtiveram umidades de 12,25% (bu) para o pinhão cru e 13,32% (bu) para pinhão cozido.

A umidade obtida com tratamento a temperatura de 50°C foi elevada (22,44% (bu)), mostrando que esta temperatura não proporcionou energia suficiente para a correta secagem da pasta.

Para o melhor entendimento das condições de secagem, foram plotadas curvas da taxa de secagem obtidas por meio da derivada das equações das cinéticas de secagem (Tabela 2), que são apresentadas na Figura 11.

Figura 11- Taxa de secagem da pasta de pinhão em diferentes temperaturas.

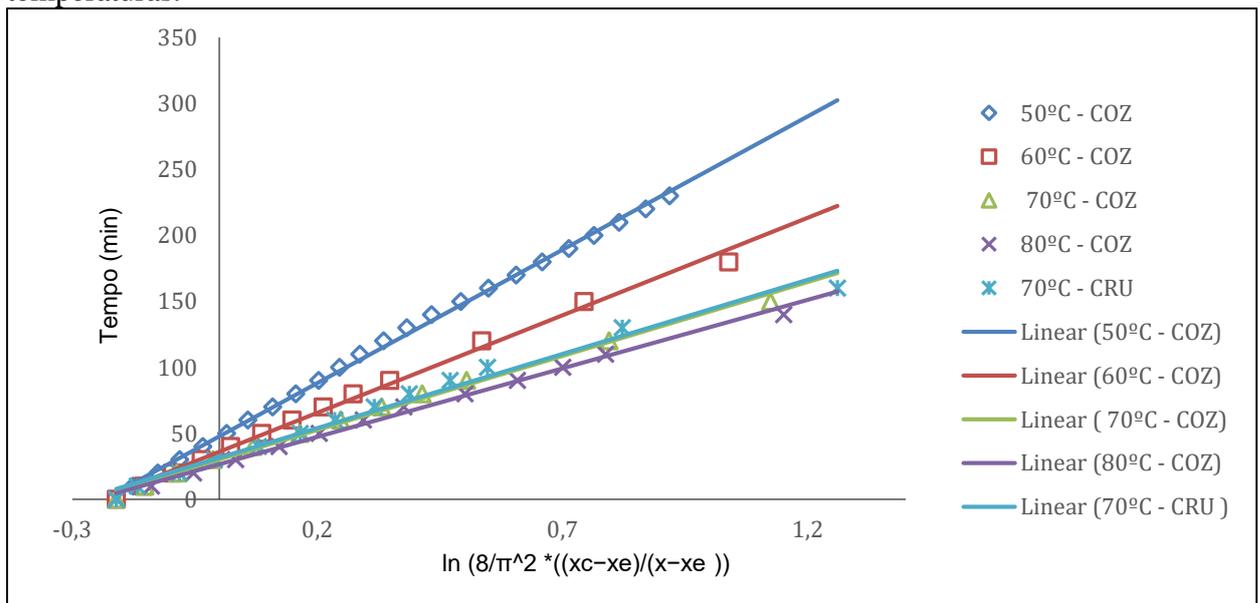


NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

Pode ser observado que à medida que o conteúdo de água dos alimentos diminui, a taxa de secagem diminui. Graficamente, observa-se que não há período de secagem constante, o que indica que o processo da secagem das pastas ocorre em regime transiente, onde a transferência de massa é dada pelo processo de difusão (NASCIMENTO et al. 2015; RESENDE, 2011). Uma provável explicação para este comportamento, é que a estrutura da pasta de pinhão assemelha-se a um corpo sólido, deste modo, ocorre primeiramente a evaporação da umidade superficial, porém a movimentação da umidade presente no interior da pasta se dá através da difusão interna, a água localizada no interior da amostra se move para a região menos úmida, a superfície.

O cálculo do coeficiente de difusão da água pela pasta foi realizado utilizando a equação que representa a difusão em regime transiente, descrita por Singh e Heldman (2009), a partir do ajuste linear entre o tempo e o $\ln\left[\frac{8}{\pi^2} * \left(\frac{x_c - x_e}{x - x_e}\right)\right]$. A Figura 12 apresenta as curvas médias obtidas pela linearização das curvas de secagem e a Tabela 3 os ajustes utilizados.

Figura 12- Linearização da cinética de secagem da pasta de pinhão cozido em diferentes temperaturas.



NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

Tabela 2- Estimativas de modelos para linearização das curvas de secagem.

Temperatura	Ajuste matemático	R ²
-------------	-------------------	----------------

50°C – COZ	201,98X + 47,78	0,998
60°C – COZ	147,82X + 36,09	0,994
70°C – COZ	112,19X + 30,16	0,994
80°C- COZ	103,79X + 26,58	0,995
70°C – CRU	112,36X + 31,61	0,985

NOTA: Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

Os coeficientes de difusão determinados para as pastas tratadas em diferentes temperaturas são expressos na Tabela 4.

Tabela 3- Coeficientes de difusão de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.

Temperatura	Dab cm ² /s
50°C – COZ	(1,43± 0,02) x 10 ⁻⁷ b
60°C – COZ	(1,58± 0,16) x 10 ⁻⁷ b
70°C – COZ	(2,50± 0,00) x 10 ⁻⁷ a
80°C- COZ	(2,53± 0,10) x 10 ⁻⁷ a
70°C – CRU	(2,25± 0,19) x 10 ⁻⁷ a

NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru. Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p< 0,05).

O coeficiente de difusão, encontrado para as temperaturas de 50°C ((1,43± 0,02) x 10⁻⁷ cm².s⁻¹) e 60°C ((1,58± 0,16) x 10⁻⁷ cm².s⁻¹) não apresentam diferença significativa. Os coeficientes de difusão obtidos em temperaturas de 70°C ((2,25± 0,19) x 10⁻⁷ cm².s⁻¹) para a pasta de pinhão cru e (2,50± 0,00) x 10⁻⁷ cm².s⁻¹ para pasta de pinhão cozido) e 80°C ((2,53± 0,10) x 10⁻⁷ cm².s⁻¹) não apresentaram diferença significativa.

A partir dos dados é possível verificar que com o aumento da temperatura do ar utilizado na secagem, maior é o coeficiente de difusão. Silva et al (2018) também observaram em seus estudos que o coeficiente de difusão aumenta com a elevação da temperatura de secagem, obtendo valores de 1,553 x 10⁻¹⁰ m² s⁻¹, 1,709 x 10⁻¹⁰ m² s⁻¹, 1,917 x 10⁻¹⁰ m² s⁻¹ e 2,091 x 10⁻¹⁰ para secagem de sementes de melão em temperaturas de 35, 40, 45 e 50 °C, respectivamente.

Conforme Just et al., (2017) o resultado obtido encontra-se dentro da faixa de valores do coeficiente de difusão para alimentos, que estão entre 10^{-4} a 10^{-6} cm^2/s . Resende et al (2011) determinaram o coeficiente de difusão efetivo para sementes de pinhão-manso, encontrando magnitudes entre $3,93 \times 10^{-10}$ e $9,19 \times 10^{-10}$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ para intervalo de temperatura entre 30°C a 70°C .

Apesar da formação de pontes de hidrogênio, devido a incorporação de água durante a gelatinização do amido, no processo de cocção, ter proporcionado maior dificuldade para a retirada de umidade do alimento durante o processo de secagem, os coeficientes de difusão para a pasta de pinhão cru e cozido não apresentaram diferença significativa.

5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises centesimais da semente, casca + película *in natura* (CPC), casca + película cozidas (CPZ) e farinhas foram determinadas através das análises de umidade, cinzas, lipídios e proteínas, e estão expressas na Tabela 5.

Tabela 4- Resultados médios das análises centesimais.

	Umidade %(b.u.)	Cinzas %(b.s.)	Proteínas %(b.s.)	Lipídeos %(b.s.)
Semente <i>in natura</i>	46,24±0,44 ^b	2,37±0,02 ^c	6,89±0,18 ^a	2,08±0,14 ^a
Semente cozida	50,67±0,67 ^a	2,58±0,02 ^{bc}	6,81±0,16 ^a	2,28±0,03 ^a
Casca + Película <i>in natura</i> (CPC)	42,80±0,19 ^b	1,11±0,02 ^d	2,47±0,01 ^c	0,21±0,00 ^e
Casca + Película cozidas (CPZ)	42,31±0,83 ^b	0,93±0,12 ^e	2,04±0,11 ^c	0,31±0,01 ^e
50°C – COZ	22,44±0,16 ^c	2,22±0,11 ^{ab}	5,45±0,63 ^b	1,52±0,03 ^c
60°C – COZ	7,68±0,02 ^d	2,43±0,08 ^{bc}	5,08±0,20 ^b	1,73±0,03 ^d
70°C – COZ	5,06±0,15 ^d	2,76±0,22 ^a	5,02±0,17 ^b	1,26±0,00 ^b
80°C- COZ	24,00±0,05 ^c	2,39±0,16 ^c	5,09±0,06 ^b	1,85±0,03 ^b
70°C – CRU	3,45±0,01 ^d	nd	nd	nd

NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para obtenção da farinha de pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para obtenção da farinha de pasta de pinhão cru. Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As sementes *in natura* e cozida, não apresentaram diferença significativa ao nível de confiança de 95% quanto os teores de proteínas e lipídeos.

O teor de umidade encontrado para o pinhão *in natura* foi de 46,24%, próximo ao

determinado por Guidolin (2016), Cladera-Oliveira et al. (2008), Cordenusi et al. (2004) e Gama et al. (2010) que encontraram valores bem próximos a 50,00%. O pinhão cozido no presente estudo apresentou 50,67% de umidade, valor próximo ao encontrado por Capella (2009) e TACO (2011), sendo consecutivamente de 51,16% e 50,5%.

O teor de cinzas encontrado no pinhão *in natura* foi de 2,3% (bs), proteínas 6,89% (bs), e lipídios 2,08% (bs). O teor de cinzas se aproxima do encontrado por Guidolin (2016) (2,41%), Cladera-Oliveira et al. (2008) (2,15%) e Capella (2009) (2,85%), o teor de proteínas assemelha-se ao determinado por Capella (2009) (6,59%) e TACO (2011) (6,06%), já o teor de lipídeos aproxima-se aos expressos por Cladera-Oliveira et al. (2008) (2,81%) e Cordenusi et al. (2004) (2,5%). Todos os valores expressos correspondem à semente não germinada, para evitar a possível elevação dos teores encontrados. Para o pinhão cozido o teor de cinzas encontrado foi de 2,58% (bs), proteínas 6,81% (bs), e lipídios 2,28% (bs). O teor de cinzas assemelha-se ao encontrado por Rosa et al. (2013) (2,34%), o teor de proteína assemelha-se ao obtido no estudo de Capella (2009), TACO (2011) e Rosa et al. (2013), 6,31%, 6,06% e 5,96%, respectivamente.

O aumento do teor de cinzas por parte da semente após cocção e diminuição do mesmo por parte da casca mais película após o cozimento, pode se dever por uma possível migração de minerais da casca mais película para a semente durante o cozimento, justificando a diferença significativa deste parâmetro.

Foram obtidos para CPC (Casca + Película *in natura*) e a CPZ (Casca + Película cozidas), consecutivamente, o teor de umidade de 42,80% e 42,31%, enquanto o teor de cinzas foi de 1,11% (bs) e 0,93% (bs), os valores estão próximos aos determinadas para a casca por ALBUQUERQUE et al. (2017) 52,92% de umidade, o valor de cinzas também se aproximou aos obtidos por REZENDE (2016) (1,83% (bs)). O teor de lipídeos corresponde a 0,21% (bs) e 0,31% (bs), e o de proteína a 2,47% (bs) e 2,04% (bs) respectivamente.

As amostras de farinha de pinhão cozido após o processo de secagem apresentaram umidades de 22,44 ($\pm 0,16$) (bu) % (0,28gH₂O/gms (bs)), 7,68($\pm 0,07$) (bu) % (0,17gH₂O/gms (bs)), 5,06($\pm 0,15$) (bu) % (0,05gH₂O/gms (bs)), 24,00($\pm 0,05$) (bu) % (0,31gH₂O/gms (bs)), para as temperaturas de 50°C, 60°C, 70°C e 80°C, consecutivamente, e a pasta de pinhão cru umidade de 3,35($\pm 0,01$) (bu) % (0,03gH₂O/gms (bs)).

O teor de umidade da farinha obtida a 50°C não apresentou diferença estatística significativa quando comparado ao da farinha obtida em 80 °C, deste modo temperaturas muito elevadas podem dificultar o processo de secagem, devido à alta desidratação superficial

do produto. As demais farinhas obtidas não apresentaram diferença significativa quanto ao seu teor de umidade.

Os teores de cinzas encontrados para as farinhas então entre 2,22 a 2,76% (bs), proteínas 5,02 a 5,45% (bs), e lipídios de 1,26 a 1,85% (bs). Todos os valores se aproximam aos determinados por Barreto et al (2017) para farinha de pinhão, sendo de 4,77% (bs) para cinzas, 5,98% (bs) para proteína e 1,56% (bs) para lipídios. Os teores de cinzas e proteína também se aproximam dos determinados por Arcosi et al (2008) sendo de 2,14% e 6,14% respectivamente. Os teores de lipídeos estão entre os determinados por Capella et al (2009).

As farinhas não apresentaram diferença significativa entre si quanto aos teores de proteínas, porém apresentam diferença significativa em comparação com as sementes. Os menores teores de lipídios presentes nas farinhas podem ser explicados pelo efeito da temperatura de secagem.

As variações dos resultados eram esperadas, tendo em vista que as amostras podem apresentar diferentes estágios de maturação e local de cultivo.

Dentre os sistemas utilizados para a medição de cores, o sistema CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes) é mais convencional, sendo dividido pelos parâmetros, luminosidade (L^*), definida pela escala cinza, do qual assume valor 0 para o preto absoluto, e 100 para o branco total, tonalidade expressa pelas coordenadas do eixo horizontal vermelho-verde ($+a^*$, $-a^*$) e coordenada do eixo vertical amarelo-azul ($+b^*$, $-b^*$) (BARROS et al, 2014). A análise de cor para as farinhas obtidas está descrita conforme a Tabela 6.

Tabela 5- Análise de cor para farinha de pinhão obtida em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	L^*	a^*	b^*
50°C – COZ	71,35±0,27 ^{cd}	6,19±0,51 ^a	18,91±0,11 ^{ab}
60°C – COZ	69,99±0,13 ^d	6,54±0,32 ^a	19,36±0,69 ^a
70°C – COZ	71,58±0,84 ^c	6,31±0,03 ^{ab}	20,15±0,16 ^a
80°C – COZ	75,15±0,82 ^b	5,28±0,16 ^b	18,72±0,34 ^b
70°C – CRU	88,05±0,14 ^a	1,01±0,07 ^c	10,97±0,41 ^c

NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta cozida e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru. Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A partir dos dados é possível observar que com o aumento da temperatura utilizada para secagem ocorreu diminuição da luminosidade (L^*) e aumento das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , o que indica na obtenção de uma farinha menos branca. A farinha de

pinhão cru apresentou maior valor de luminosidade (L^*), sendo mais branca, as farinhas de pinhão cozido apresentaram valores mais baixos de L^* . Pode se verificar um acréscimo na coordenada a^* , com aumento da tonalidade para a farinha produzida a partir de pinhão cozido, apresentando cor mais amarronzada, o que indica a maior migração dos compostos bioativos presentes na casca e película para o interior da semente. Outro fator para a diferença de cor pode estar relacionado à reação de Maillard durante o cozimento e secagem, tendo em vista a presença de proteínas e açúcares redutores nas sementes.

As farinhas obtidas a 70°C a partir da pasta de pinhão cru e pasta de pinhão cozido podem ser observadas na Figura 13.

Figura 13- Farinha obtidas a 70°C .



[1] Farinha obtida a partir do pinhão cozido; [2] Farinha obtida a partir do pinhão cru.
Fonte: Autora.

A amostras obtidas a partir do pinhão cozido comprovam que as mesmas possuem coordenadas de cromaticidade com tendência ao vermelho ($+a^*$) e amarelo ($+b^*$).

Thys e Cunha (2015) encontraram para a Farinha de pinhão cozido, valores de L^* igual a 65,93, estando um pouco abaixo dos resultados encontrados no presente estudo. Cladera-Oliveira (2008) encontrou valores muito próximos dos parâmetros L^* , A^* e b^* em seu estudo, para farinhas obtidas a partir de pinhão cru e cozido.

As farinhas obtidas a partir do pinhão cozido possuem odor e sabor característico de pinhão, diferentemente das farinhas produzidas com pinhão cru. Demonstrando que o cozimento proporciona melhor desenvolvimento do *flavor* característico da semente. A farinha de pinhão cru é mais aceitável no aspecto coloração, entretanto no quesito de formação de *flavor* característico da semente a farinha de pinhão cozido é mais aceitável.

5.5 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS APÓS O PROCESSO DE SECAGEM

A Tabela 7 apresenta o tempo de secagem, assim como o valor final dos compostos fenólicos para as farinhas obtidas a partir das pastas de pinhão cozido em diferentes

temperaturas (50°C, 60°C, 70°C e 80°C).

Os resultados obtidos entre os extratos da mesma temperatura, não apresentaram diferença significativa entre si.

Tabela 6 - Resultados médios das análises de compostos fenólicos das farinhas, expressos e mg de ácido gálico por 100g de amostra em base seca.

Temperatura (°C)	Extratos	Tempo de secagem (h)	mgAG/100g (b.s)
50	EXF50.1	8,0	13,20±0,18 ^c
	EXF50.2		13,05±0,62 ^c
60	EXF60.1	6,5	10,73±0,07 ^d
	EXF60.2		11,23±0,08 ^d
70	EXF70.1	5,8	14,86±0,08 ^b
	EXF70.2,		13,86±0,27 ^{bc}
80	EXF80.1	4,8	17,26±0,53 ^a
	EXF80.2		16,87±0,91 ^a

NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo EXF50.1, EXF60.1, EXF70.1, EXF80.1, para aos dados das duplicatas do primeiro extrato e, EXF50.2, EXF60.2, EXF70.2, EXF80.2, para aos dados das duplicatas do segundo extrato. Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

As maiores perdas de compostos fenólicos, após a secagem, se deram em temperaturas de 50°C (13,20±0,18 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF50.1 e 13,05±0,62 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF50.2) e 60°C (10,73±0,07 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF60.1 e 11,23±0,08 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF60.2). Menos perdas se deram em temperaturas de 70°C (14,86±0,08 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.1 e 13,86±0,27 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.2) e 80°C (17,26±0,53 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.1 e 16,87±0,91 mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.2). Isto pode se dever aos longos tempos de exposição do produto ao calor durante o processo de secagem, podendo causar perda do valor nutricional (ANDREOLA et al., 2012). Esse fato foi comprovado por Soares et al (2007), ao estudarem a secagem de manjeriço em diferentes temperaturas, sendo que a menor temperatura utilizada apresentou maior tempo de processo e maiores perdas de compostos químicos. Deste modo, menores tempos de secagem proporcionam menores perdas de compostos fenólicos e menor gasto energético do processo.

Após a cocção (75 min), as sementes apresentaram $20,04 \pm 0,70$ mgAG.100g⁻¹, mostrando que ao serem submetidas ao processo de secagem, em temperaturas mais elevadas (80°C, 70°C), ocorreu a diminuição de 14-30%. Mesmo com esta diminuição, quando comparados com os valores encontrados nas sementes *in natura*, que apresentaram $4,07 \pm 0,22$ mgAG.100g⁻¹ ainda há um aumento de cerca 4 vezes do valor inicial.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tempo zero as sementes apresentaram $4,07 \pm 0,22$ mgAG.100g⁻¹, enquanto que após a cocção de 75 min, o valor chegou em $20,04 \pm 0,70$ mgAG.100g⁻¹, mostrando um aumento de praticamente 4 vezes mais. No presente estudo a casca com a película *in natura* apresentaram um teor de $137,09 \pm 0,49$ mgAG.100g⁻¹ e após a cocção o valor diminuiu para $92,96 \pm 3,66$ mgAG.100g⁻¹, mostrando uma diminuição na concentração de cerca de 32%. Os dados obtidos comprovam o aumento do teor de compostos fenólicos nas sementes de araucária, e diminuição dos mesmos presentes na casca e película, mostrando assim que de fato ocorre a migração dos compostos fenólicos durante o processo de cocção.

Observou-se que durante o processo de secagem não se houve período de taxa constante, o que indica que o processo da secagem das pastas ocorreu em regime transiente, onde a transferência de massa é dada pelo processo de difusão. Pode-se observar que quanto maior a temperatura utilizada, menor o tempo de secagem e maior é o coeficiente de difusão. O teor de umidade da farinha obtida a 50°C não apresentou diferença estatística significativa quando comparado ao da farinha obtida em 80 °C, deste modo temperaturas muito elevadas podem dificultar o processo de secagem, devido à alta desidratação superficial do produto.

Os coeficientes de difusão para a pasta de pinhão cru e cozido, assim como umidade final das farinhas obtidas em temperatura de 70°C, não apresentaram diferença significativa.

O cozimento do pinhão proporcionou melhor desenvolvimento do *flavor* característico da semente. A farinha de pinhão cru é mais aceitável no aspecto coloração, entretanto no quesito de formação de *flavor* característico da semente a farinha de pinhão cozido é mais aceitável.

As menores perdas de compostos fenólicos, após a secagem, se deram em temperaturas mais elevadas e com menores tempos de secagem.

Considerando tempo de secagem (5,8h), o teor de umidade alcançado ao término do processo de secagem ($5,06 \pm 0,15\%$ (bu)) assim como os resultados das análises centesimais e de compostos fenólicos ($14,86 \pm 0,08$ mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.1 e $13,86 \pm 0,27$

mgAG.100g⁻¹ (b.s) para EXF70.2), a temperatura de 70°C mostrou-se a mais adequada para a obtenção de farinha de pinhão cozido para aplicações futuras.

Através dos resultados obtidos durante o estágio (ANEXO 1) pela aplicação de microndas para a secagem de pinhão. Foi possível observar que a secagem por microondas pode ser uma alternativa para a secagem das sementes de araucária. O efeito do tempo de exposição do produto durante o processo de secagem precisa ser avaliado. O tempo de secagem foi menor para sementes submetidas a processos de microondas quando comparado ao processo convencional. Também mostra novas possibilidades para o estudo do tratamento que pode ser dado às sementes antes da secagem, como a fragmentação para facilitar a transferência de massa durante a secagem.

7.REFERÊNCIAS

- ABE, L.T., LAJOLO, F.M., GENOVESE, M. I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**v. 30, p.254-259, mai. 2010.
- ACORSI, D.M.; BEZERRA, J.R.M.V.; BARÃO, M.Z.; RIGO, M. Viabilidade do processamento de biscoitos com farinha de pinhão. **Rev.Ambiência**, v.5, n.2, p. 207-212, 2008
- AK, G; T, A; A, B; A, J. Thermodynamic analysis of Experimental Sorption isotherms of dietetic Chhana Kheer. **Madridge J Food Tech**, v 3, p. 127-132, ago. 2018.
- ALBUQUERQUE, E.R. et al. **Extração e Determinação de Flavonóides, Taninos Condensados e Totais da casca do pinhão (Araucária angustifolia)**. Instituto Federal de Santa Catarina. Lages-SC. 2017.
- ALONSO, L. F. T. **Algoritmos de Seleção e Dimensionamento de Secadores**. 2001. 256f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas - SP, 2001.
- ANDREOLA, K.; et al. Influence Of Microwave-convective Drying On Shrinkage Of Carrots. **18th International Drying Symposium (IDS 2012)**. Xiamen, China: Anais p. xx-xx, 2012.
- ANDREOLA, K.; MARSAIOLI JR, A.; COSTA, R. G.; TARANTO, O. P. Influence Of Microwave-convective Drying On Shrinkage Of Carrots. **18th International Drying Symposium (IDS 2012)**, Xiamen, China, 2012.
- ANGELO, P. M. e JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. v.66, n.1, p. 01-09, 2007.
- ASOKAPANDIAN, S.et al. Optimization of Foaming Properties and Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein. **Journal Of Food Process Engineering**, v. 39, n. 6, p.692-701, set. 2015.

BALBINOT, F. et al. Tendências de consumo e preço de comercialização do pinhão (semente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze.), no estado do Paraná. **Rev. do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. v.4 n.3 p.463 - 472, set./dez. 2008.

BARROS, S. V. S.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da amazônia. **Rev. CERNE**, Lavras - MG. v. 20, n. 3, p. 337-342. sept. 2014.

BATISTA, R. A. **Produção e Avaliação Sensorial de Cerveja com Pinhão (*Araucária angustifolia*)**. 2014. 108f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na área de Microbiologia Aplicada). Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Lorena-SP, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n o 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Agosto de 2003. Seção 1.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n° 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de Janeiro de 2001.

BUCIC-KOJIC, A, et al. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.

CAPELLA, A. C. V. **Farinha De Pinhão (*Araucária Angustifolia*): Composição e Estabilidade do Gel**. 2008. 92f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2008.

CAPELLA, A. C. V., PENTEADO, P. T. P. S., BALBI, M. E. Semente de *Araucária Angustifolia*: Aspectos Morfológicos e Composição Química da Farinha. **B. CEPPA**. v. 27, n. 1, p. 135-142 jan./jun. 2009.

CLADERA-OLIVERA et al. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds). **International Journal Food Science Technology**. v. 43, p. 900-907, 2008.

CLADERA-OLIVERA F., PETTERMANN, A. C., NOREÑA, C. P. Z., WADA, K., MARCZAK, L. D. F. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucária angustifolia* seeds). **International Journal Food Science Technology**. v. 43, p. 900-907, 2008.

CLADERA-OLIVERA, F.; NORENA, C.Z.P. WADA, K. MARCZAK, L.D.F. Alternativas tecnológicas do processamento e armazenamento do pinhão. In: SEMINÁRIO DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA, OKTOBER FÓRUM, 2005, Porto Alegre. UFRGS, 2005.

CONTO, L., et al. **Sensory Properties Evaluation of Pine Nut (*Araucária angustifolia*) Cereal Bars Using Response Surface Methodology**. Chemical Engineering Transactions, v.44 p.115-120, 2015.

CORDENUNSI, B. R., et al. Chemical Composition and Glycemic Index of Brazilian Pine (*Araucária angustifolia*) Seeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3412–3416, 2004.

DAROLT, L. M., HELM, C. V. Caracterização da composição química e compostos fenólicos do pinhão. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 11., 2012, Colombo. **Anais**. Colombo.2012.

DAUDT, R. M. et al. Determination of properties of pinhão starch: Analysis of its applicability as pharmaceutical excipient. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 420–429, jan. 2016.

EMBRAPA. **Circular técnica n.60. Pinheiro-do-paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002,17p.

GAMA, T. M. M. T. B., et al. A Influência De Tratamentos Térmicos no Teor de Amido, Cor e Aparência Microscópica de Pinhão Nativo (*Araucária Angustifolia*) e Pinhão Proveniente De Polinização Controlada. **Rev. Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 04, n. 02, p. 161-178, 2010.

GUIDOLIN, R. C. S. T. **Caracterização Da Estrutura Fina do Amido de Sementes de Araucária Angustifolia (Bertoloni) Otto Kuntze (Pinhão) e Produção de Extrusados**. 2016. 160f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná- UFPR, Curitiba-PR, 2016.

IAL. **Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. v.1.

JUST, P. N. et al. Aspectos tecnológicos na produção de farinha de polpa de pequi. **Rev. Vale Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n. 4, 2017.

KOEHNLEIN, E. A. et al. Antioxidant Activities and Phenolic Compounds of Raw and Cooked Brazilian Pinhão (*Araucária angustifolia*) Seeds. **African Journal of Food Science**, v.6 n.21, p. 512-518, 2012.

MUCCILLO, M. E. B. Z. **Caracterização e Avaliação de Amido Nativo e Modificado de Pinhão Mediante Provas Funcionais e Térmicas**. 2009. 156f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, Porto Alegre-RS, 2009.

NASCIMENTO, V. R. G. et al. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de Moringa oleifera. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 19, n. 7, p. 686-692, July 2015 .

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, V.S., AFONSO, M.R.A., COSTA, J.M.C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Rev. Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.342-348, 2011.

PARK K.J.B et al. Secagem: Fundamentos e equações. **Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127, 2014.

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

RESENDE, Osvaldo et al. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) durante a secagem. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 6, p. 1123-1135, dec. 2011.

REZENDE, S. C. de. **Valorização da casca do pinhão, um subproduto da semente de Araucária angustifolia, para produção de materiais poliméricos**. 2016. 110f. Dissertação (Pós graduação em Qualidade e Segurança Alimentar). Escola Superior Agrária de Bragança. Bragança, 2016.

ROSA, T. D., et al. Comparação da Composição Centesimal de Dois Métodos de Cocção Do Pinhão. In: Simpósio Latino Americano de Ciências De Alimentos, 2013. Campinas, **Anais .GALOÁ**, 2018.

SANTOS, A. J. et al. Aspectos Produtivos e Comerciais do Pinhão no Estado do Paraná. **Rev. Floresta**. v.32, n.2, p.163-169, jul. 2002.

SANTOS, C.H.K. **Otimização Multiobjetivo da Extração de Compostos Antioxidantes da do resíduo da casca de semente de pinhão (Araucária angustifolia (Bertol.) Kuntze)**. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

SEBRAE. Relatório de inteligência: O mercado do pinhão em Santa Catarina. Uma análise geral sobre as oportunidades e o potencial produtivo do alimento. Jul.2018.

SILVA, C. V. REIS, M. S. produção de pinhão na região de Caçador, SC: Aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Rev. Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 363-374, out/dez. 2009.

SILVA, C. V; MIGUEL, L. A. Os canais de comercialização do pinhão e seus agentes em São Francisco de Paula, RS. **Rev. FLORESTA**, v. 47, n. 4, p. 489 -500, out. / mar. 2017.

SILVA, I. L. et al. Secagem e difusividade de sementes de melão. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 21-30, jun. 2018.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Alegre-ES, p. 10-14, maio 2004.

SILVA, M. L. C., COSTA, R. S., SANTANA, A. S., KOBLITZ, M. G. B. **Compostos Fenólicos, Carotenoides e Atividade Antioxidante em Produtos Vegetais**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina -PR, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. Introduction to Food Engineering. San Diego: Academic Press, 2009.

SOARES, R. D. et al. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

SOUZA, M. O., et al. Antioxidant and Antigenotoxic Activities of the Brazilian Pine *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Antioxidants**, v.3, p.24-37. 2014.

TACO – **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas, 2011.

THYS, R. C. S.; CUNHA, M. Avaliação do Tratamento Térmico da Semente do Pinhão no Teor de Amido Resistente e de Compostos Fenólicos de sua Farinha. **Anais. 5º Simpósio de Segurança Alimentar. Alimentação e Saúde**. Bento Gonçalves, 2015.

TONIOLO, R., CLADERA-OLIVERA, F. **Aplicação do extrato da casca de pinhão para evitar a oxidação lipídica em carnes**. Universidade Tecnológica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effectes on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555– 559, 1999.

ANEXO 1:**MICROWAVE APPLICATION OF ANGUSTIFOLIA WATER SEEDS USING HOT AIR DRYING****N.N. REIS¹, J.Y. TAIRA¹, A. MARSAIOLI², L. B. QUAST¹**¹Federal University of Southern Border – Food Engineering²Food Technology Institute – Process and engineering group.**SUMMARY**

Compared with convection dryers, dielectric dryers have shorter drying times, thus providing better quality products and consequently lower energy consumption. The objective of this study was to evaluate the drying process of *Araucaria angustifolia* seeds using hot air at atmospheric pressure by applying microwaves (300W and 500W) and compare to the conventional drying process with hot air (80°C). The process time of drying using hot air with microwave was reduced by 83.33% at 500W power and 73.89% at 300W when compared to conventional drying with hot air only. The curves obtained in the drying processes indicate that it occurs in transient regime, with predominance of the decreasing drying rate period.

Keywords: Power. Seed. Process.

1.Introduction

The *Araucaria angustifolia* is a gymnosperm; its fruits, the pine cones, are formed by approximately 100 seeds, known as pine nuts. Its peel is red and the edible pulp is too hard to consume in natura. Because of this, the seeds need to be processed to soften the texture to allow its consumption (GUIDOLIN, 2016, MUCCILLO, 2009).

The *Araucaria* seed (pine nut) is a seasonal product, typical of southern Brazil, where it is highly appreciated and is usually sold in informal places. The *araucaria* seed reaches high levels of moisture content and water activity, thus it is easily contaminated by microorganisms during storage, which is an obstacle to its commercialization (CLADERA-OLIVERA et al, 2005). The development of new food products from *araucaria* seeds can present an alternative way of commercialization of the product during off-season and increase sale of the product, as well as offering alternate means to increase market and product valorization. Drying is one of the main methods of food preservation. According to Andreola et al (2012), high temperatures and long drying times, used in conventional drying, can cause various damages to the food, changing its texture, color, taste and nutritional value. Thus, the use of microwave drying can reduce such damages, since the effects of microwaves are more significant at lower temperatures.

Microwave-drying of foods with high moisture content is a very efficient method. In conventional drying, heat transfer occurs due to the temperature gradient between the dry surface and the humid center, taking longer times to complete the process. On the other hand, microwaves have the ability to penetrate the food and heat it due to the interaction of the magnetic field with dipolar molecules, especially water molecules, leading to an instantaneous rise in temperature within the material and favoring drying at shorter times (BÉTTEGA et al 2014, ANDREOLA, MARSAIOLI and TARANTO, 2014).

Literature research has shown that several studies have been done using microwave assisted drying. Among these are studies involving the production of husked cherry coffee (CUNHA, CANTO and MARSAIOLI, 2003), drying of carrots (BETTEGA et al., 2014), drying of macadamia nuts, processing of Brazilian nuts (SILVA, 2002 and SILVA 2005) and drying of granulated solids (BERTELI, 2005). There is a lack of specific studies on the drying of araucaria seeds with microwaves, in addition to the fact that many studies in the literature show a gap of information and lack of data accuracy, assuming that several studies have been performed using adapted domestic microwaves.

The objective of this study was to evaluate the use of microwaves in the drying of araucaria angustifolia seeds with the purpose of adding to the commercial value to this product.

2. Materials and methods

2.1 Sampling

The Araucaria angustifolia seeds (pine nuts) were purchased from the local market of Pinhão – PR. Samples were pre-selected to exclude germinated seeds and seeds that have been mechanically damaged or attacked by insects or fungi. The selected seeds were stored in sealed plastic bags at -21°C until use.

2.2 Centesimal characterization of *in natura* and cooked araucaria seeds

The Araucaria seeds were characterized for moisture, protein, ash and lipid content according to the methodologies described in the literature (ADOLFO LUTZ, 2008). The characterization was performed for seeds *in natura* and seeds cooked for 30 minutes in a pressure cooker. The cooked seeds were peeled and cut in half in the longitudinal position. The analyses were done at least in triplicate.

2.3 Drying

The drying tests were done on the cooked and peeled araucaria seeds. In microwave-assisted drying, the air temperature was 59 ° C at 300W and 500W. In the conventional drying process with circulation and forced air renovation, the velocity used was of 1 m.s⁻¹ at a temperature of 80 ° C. The araucaria seed mass used in the experiments was measured at 200 ± 3.91g. During the drying process, the internal temperature of the nuts was monitored using thermocouples. The experiments were conducted in a multifunctional pilot plant designed for microwave application in food processes, present at the GEPC (Engineering and post-harvest group) of the Institute of Food Technology (ITAL).

Considering the results of previous tests, the humidity of 10% (bu) was established as the final parameter of the drying process. This value was established based on the desired texture characteristics, taking into account the possibility of consumption of the dry seeds as chips.

After drying the seeds were labeled and stored under vacuum in transparent bags made from low density nylon / polyethylene (LDPE).

3. Results and Discussion

The proximate analyzes of fresh and cooked seeds are given in Table 1.

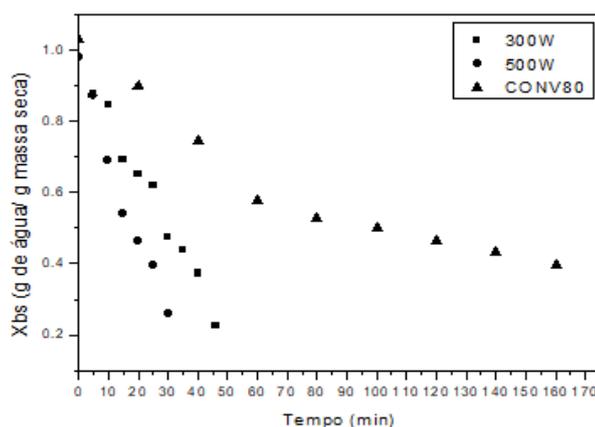
Table 1: Results of Centesimal Analyzes for fresh and cooked seeds.

	<i>In natura</i> seeds	Cooked seeds
Umidity %(bu)	46.24±0.44	50.67±0.67
Ash %(bs)	2.37±0.02	2.58±0.02
Proteins %(bs)	6.89±0.18	6.81±0.16
Lipids %(bs)	2.08±0.14	2.28±0.03

The moisture content for *in natura* seeds was 46.24%, similar to that reported by Cordenunsi et al. (2004) and Gama et al. (2010) whose values were close to 50.00%. The cooked seed in the present study presented 50.67% humidity, a value similar to that found by Capella, Penteadó e Balbi (2009) and Taco (2011), of 51.16% and 50.5%. This increase in humidity during cooking, although small, is due to the absorption of water by the product, which provides important changes on its physical and sensory structure.

Regarding ashes, proteins and lipids contents, there is a very big similarity between the results for *in natura* and cooked seeds, indicating that the cooking process did not interfere with these physicochemical characteristics. The values obtained in this study, both for *in natura* and cooked seed are very close to the values found in literature (GUIDOLIN (2016), CLADERA-OLIVERA et al. (2008), CAPELLA, PENTEADO E BALBI (2009), TACO (2011), CORDENUNSI et al. (2004) ROSA et al. (2013).

Figure 1 presents the results of the drying kinetics of the pine nut samples submitted to the microwave process and conventional drying.



AXIS y - Moisture contente (g/g dry basis); AXIS x – Time (min)

Figure 1: Drying kinetics for peeled cooked seed during drying at different treatments.

Evaluating the obtained results, it is possible to observe that the samples did not reach their equilibrium humidity, because this condition was not required in the process. The end point for the microwave treated samples was a final humidity of approximately 10% (bu), which corresponds to a humidity of 0.11gH₂O/gms (bs). It can be observed in Figure 1 shows that for the microwave-assisted drying, the drying time was reduced by 83.33% and 73.89% at 500w and 300w compared to conventional drying. After 3h of process, the conventional drying (conv80) presented a final humidity of 20% (bu), which corresponds to 0.25gH₂O / gms (bs). Taking this behavior into account, it was observed that the water loss of the araucaria seeds submitted to the microwave process was much faster compared to the conventional system, and in this last case, the exposure time of the product to heat was much longer when compared with the other methods.

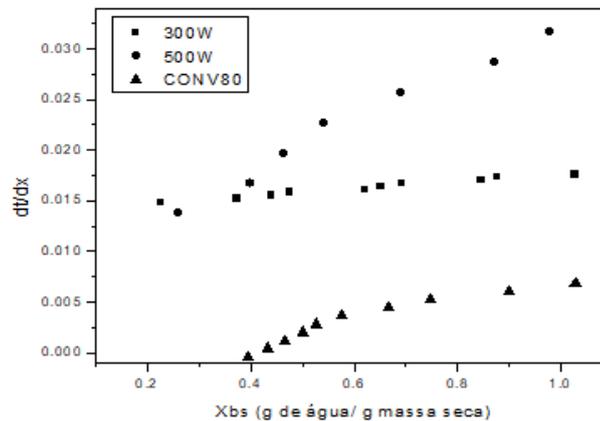
From drying kinetics graphs, a mathematical adjustment was performed following a polynomial, order 2 model whose coefficients determination were greater than 0.9800. From the adjusted model, the first derivative was obtained to achieve the drying rate data. The

mathematical adjusted models as well as their coefficient of determination and their corresponding derivative are given in table 2.

Table 2: Estimates of drying models and its derivatives.

Treatment	Mathematical adjustment	Derivative
300W	$Y = 3E-05x^2 - 0.0176x + 0.9972$; $R^2 = 0.9836$	$Y = 6E-05x - 0.0176$
500W	$Y = 3E-04x^2 - 0.0317x + 0.9898$; $R^2 = 0.9905$	$y = 6E-04x - 0.0317$
CONV80	$y = 2E-05x^2 - 0.0068x + 1.0148$; $R^2 = 0.9918$	$y = 4E-05x^2 - 0.0068$

Figure 2 shows the curves of drying rates for all the treatments used.



AXIS y - Derivative (dy/dx); AXIS x - Moisture content (g/g dry basis)

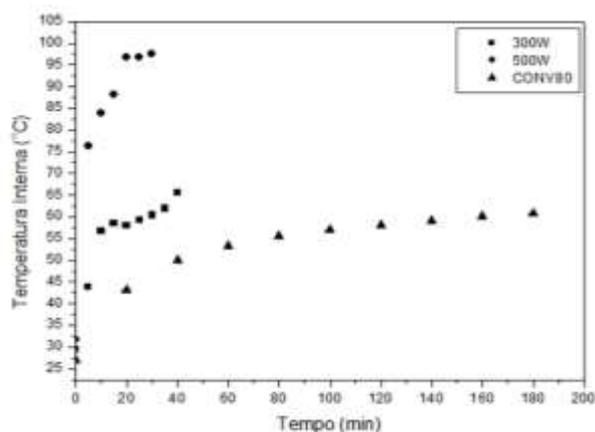
Figure 2: Curves of drying rates.

As the water content of the food decreases, the rate of drying decreases. It is observed that the conventional drying condition presented the smallest variation of the rate, and its final humidity is higher than the other humidity. Graphically, it is observed that there is no period of constant drying rate, which indicates that the process of seeds drying occurs in transient regime, where the mass transfer is given by the internal diffusion (NASCIMENTO et al. 2015; RESENDE, 2011).

Figure 3 presents the internal temperature profile of the seeds during their drying process submitted to different types of treatment.

It can be verified that the internal temperatures of the seeds were different for the different treatments applied. While in conventional drying the seeds were subjected to drying air temperatures of 80 ° C, in microwave assisted drying using 500W, the internal temperature reached 97.58 ° C. According to Martins (2000), the higher temperature used promoted shorter process time, but it resulted in a greater nutrient losses and changes in the product

structure. Drying using a power of 500W can be very advantageous in terms of process time and cost, but it can cause, to a larger extent, undesirable product modifications which need to be investigated.



AXIS y – Internal temperature (C); AXIS x – Time (min)

Figure 3: Internal Temperature of the peeled cooked seed during drying through the different treatments.

Conventional drying provides a mild internal temperature compared to other processes; however, its heat exposure time is much longer, and thus can also cause great nutritional losses to the food. This fact was confirmed by Soares et al (2007), when studying the drying of basil at different temperatures, where the lower temperature used presented longer processing time and higher losses of chemical compounds. At 300W power the internal temperature of the seed reached a maximum of 69.05 ° C, with 8.18 ° C higher than the temperature reached by the seed in conventional drying; however, its drying time was approximately four times shorter.

During the drying process, it can be seen that the internal temperature of the seed submitted to 500w microwave rises rapidly during the first 20 minutes, and after that it has a more asymptotic behavior. This may be due to the fact that the dielectric properties present in the seed have lost their capacity for microwave absorption during the process time at high temperature thus causing the temperature stability.

It was observed that the temperature values increased with the time of exposure of the material to the process, while the humidity decreased. This tendency was greater for seeds submitted to electromagnetic fields, especially those exposed to the higher potency.

4. Conclusion

Through the obtained results, it was possible to observe that the microwave drying can be an alternative for drying the araucaria seeds. The effect of the exposure time of the product during the drying process needs to be evaluated. Drying time was shorter for seeds submitted to microwave processes when compared to the conventional process. It also shows new possibilities for studying the treatment that can be given to the seeds before drying, such as seed fragmentation to facilitate mass transfer during drying.

5. Acknowledgement

ITAL and UFFS.

6. References

ANDREOLA, K.; et al. Influence Of Microwave-convective Drying On Shrinkage Of Carrots. 18th International Drying Symposium (IDS 2012). Xiamen, China: **Anais**, 2012.

ANDREOLA, K.; MARSAIOLI JR, A.; TARANTO, O. P. Effect Of Microwave-assisted Convective Drying Regimes On Drying Kinetics And Color Of Carrot. 9th International Drying Symposium (IDS 2014). Lyon, France: **Anais**, 2014.

BERTELI, M. N. **Estudo Comparativo de Processos de Secagem de Sólidos Granulados com e Sem Assistência de Microondas**. 2005. 135f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas- SP. 2005.

BETTEGA, R.; ROSA, J. G.; CORREA, R. G.; FREIRE, J. T. Comparison of carrot (*Daucus carota*) drying in microwave and in vacuum microwave. **Braz. J. Chem. Eng.** [online]., v.31, n.2, p.403-412. 2014.

BUCIC-KOJIC, A.; PLANINIC, M.; TOMAS, S.; BILIC, M.; VALIC, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 81, p. 236-242, 2007.

CLADERA-OLIVERA, F.; NORENA, C.Z.P.; WADA, K.; MARRCZAK, L.D.F. Alternativas tecnológicas do processamento e armazenamento do pinhão. Seminário do programa de pós graduação em engenharia química, Oktober fórum, Porto Alegre. UFRGS, 2005.

CUNHA, M.L.; CANTO, M.W.; MARSAIOLI JR. A. Secagem de café cereja descascado por ar quente e micro-ondas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 381-385, 2003 .

GUIDOLIN, R. C. S. T. Caracterização da estrutura fina do amido de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze (pinhão) e produção de extrusados 2016. 160f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR, 2016.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 2008.

MARTINS, P. M. Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e da composição química do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus* (d.c.) stapf.). 2000. 911f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa- MG. 2000.

MUCCILLO, M. E. B. Z. Caracterização e Avaliação de Amido Nativo e Modificado de Pinhão Mediante Provas Funcionais e Térmicas. 2009. 156f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, Porto Alegre-RS, 2009.

NASCIMENTO, V. R. G. et al. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de Moringa oleifera. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 19, n. 7, p. 686-692, July 2015 .

RESENDE, O. et al . Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 31, n. 6, p. 1123-1135, Dec. 2011.

ROSA, J. G. Secagem de cenoura (*Daucus carota* L.). 2010. 96f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2010.

SANTOS, C.H.K. Otimização Multiobjetivo da Extração de Compostos Antioxidantes da do resíduo da casca de semente de pinhão (*Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze). 2016. 52f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR, 2016.

SILVA, F. A. da. Estudo da aplicação de energia de Microondas na secagem da Noz de Macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). 2005. 151f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP. 2005.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. **Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo**, Alegre- ES, p. 10-14, 2004.

SOARES, R. D. et al. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.