



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LUCAS MARTINS DA SILVA

**ELABORAÇÃO, CONDIÇÕES DE SECAGEM E VIDA ÚTIL DE MASSAS
ALIMENTÍCIAS ARTESANAIS**

ALEGRE – ES
FEVEREIRO 2020

LUCAS MARTINS DA SILVA

**ELABORAÇÃO, CONDIÇÕES DE SECAGEM E VIDA ÚTIL DE MASSAS
ALIMENTÍCIAS ARTESANAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Luciano José Quintão Teixeira

Coorientador: Prof. Sérgio Henriques Saraiva

Coorientador: Prof. Antonio Manoel Maradini Filho

ALEGRE – ES

FEVEREIRO 2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586e Silva, Lucas Martins da, 1995-
Elaboração, condições de secagem e vida útil de massas alimentícias artesanais / Lucas Martins da Silva. - 2020.
58 f. : il.

Orientador: Luciano José Quintão Teixeira.
Coorientadores: Sérgio Henriques Saraiva, Antonio Manoel Maradini Filho.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Macarrão. 2. Vida de prateleira. I. José Quintão Teixeira, Luciano. II. Saraiva, Sérgio Henriques. III. Maradini Filho, Antonio Manoel. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 664

LUCAS MARTINS DA SILVA

**" ELABORAÇÃO, CONDIÇÕES DE SECAGEM E VIDA ÚTIL DE
MASSAS ALIMENTÍCIAS ARTESANAIS "**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

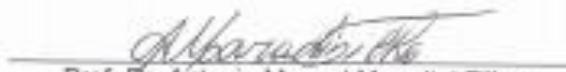
Aprovada em 18 de fevereiro de 2020.



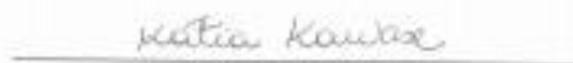
Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Orientador



Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Coorientador



Prof. Dr. Antonio Manoel Maradini Filho
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Examinador



Prof. Dr. Kátia Yuri Fausta Kawase
Instituto Federal Fluminense - IFF
Examinadora

Aos meus pais e minha irmã, meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela sustentação que me tem dado até aqui.

À Universidade Federal do Espírito Santo.

À CAPES pela bolsa concedida.

À Universidade Estadual Norte Fluminense, pela parceria.

À Família Venturim por acreditar no trabalho e contribuir para a sustentabilidade da pesquisa brasileira.

À meu orientador Luciano Teixeira e meus coorientadores Sérgio Saraiva e Antonio Maradini, pelo conhecimento compartilhado comigo e pela confiança, paciência e apoio ao longo deste projeto.

À professora Nádia Rosa e sua equipe, pelo apoio, paciência e grande contribuição durante muitas etapas do trabalho.

À todos os professores do departamento de Engenharia de Alimentos da UFES, em especial à professora Patrícia Campos por todo suporte acadêmico e pessoal.

Aos técnicos, Toninho, Letícia Bastos, Mauricio Carlos e Silvana Medeiros pela amizade e pelo grande apoio durante o trabalho em laboratório.

Ao meu grupo de pesquisa, composto por Magno Fonseca e Júlia Abreu, por todo suporte.

Aos meus pais José Geraldo e Fabrícia, por todo o apoio e por acreditarem em mim e no meu sonho.

À minha irmã Juliana Martins, pelo apoio em momentos de crise de coluna.

Aos meus familiares, especialmente àqueles que acreditam na educação do Brasil.

À Bruna Lessa, por toda a ajuda científica e emocional que não me fez desistir do meu sonho.

À Carolina Lepre, pela amizade e apoio nesta caminhada.

À todos os meus amigos, minha família de coração, pela contribuição e torcida pelo meu sucesso.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.” (Paulo Freire)

SUMÁRIO

1	RESUMO GERAL	1
2	ABSTRACT GERAL	2
3	INTRODUÇÃO	4
	REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS.....	6
4	OBJETIVOS	9
4.1	Objetivo geral.....	9
4.2	Objetivos específicos.....	9
5	ARTIGOS ORIGINAIS.....	10
5.1	Introdução	10
5.2	Material e métodos	12
5.2.1	Preparo das amostras.....	12
5.2.2	Determinação do teor de umidade inicial	12
5.2.3	Secagem assistida por micro-ondas	12
5.2.4	Determinação da umidade final.....	14
5.2.5	Análises tecnológicas.....	14
5.2.6	Procedimento experimental e análise estatística	16
5.3	Resultados e discussão.....	16
5.4	Conclusão	18
	Referências bibliográficas.....	17
5.5	Introdução	21
5.6	Material e métodos	22
5.6.1	Planejamento experimental e análise estatística	22

5.6.2	Preparo das amostras.....	25
5.6.3	Etapa 1.....	26
5.6.4	Etapa 2.....	29
5.7	Resultados e discussão.....	31
5.7.1	Etapa 1.....	31
5.7.2	Etapa 2.....	38
5.8	Conclusão	45
	Referências bibliográficas.....	41

1 RESUMO GERAL

Massas alimentícias são consumidas no mundo todo, principalmente devido a seu baixo custo, facilidade de transporte, preparo e armazenamento. Para a análise da vida útil dos alimentos é necessário o controle de vários parâmetros. Desta forma, este trabalho teve como objetivo, determinar os efeitos da secagem e avaliar a vida útil da massa alimentícia artesanal de sabor tradicional de uma agroindústria, localizada em Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil. Foram realizados estudos em diferentes secadores além de metodologias de otimização do processo de secagem. No primeiro artigo o objetivo foi avaliar os efeitos de secagem de massas alimentícias talharim com arranjo em ninhos a partir de secador convectivo combinado com micro-ondas com um planejamento experimental de 5 ensaios variando temperatura de secagem e potência do micro-ondas. No artigo dois o objetivo foi elaborar, avaliar as condições de secagem e acompanhar a vida útil de massas por análises de qualidade, dividindo o trabalho em duas etapas: cinética de secagem e vida útil. Para os estudos foram realizadas análises físico-químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais a fim de mostrar as melhores condições de secagem individualmente e na interação ao longo do tempo. Os resultados do artigo um mostraram que a melhor condição de secagem se deu a uma temperatura de 60 °C do ar quente e na potência 107 W (nível 2) do micro-ondas. Já o artigo dois mostrou que, pela função desejabilidade, a melhor temperatura de secagem em leite fixo das massas foi de 72,01°C e assim, com a condução do experimento, foi possível acompanhar o estudo da vida útil dos produtos durante seis meses (etapa 2). Os resultados da segunda etapa mostraram que a condição A3 obteve o maior percentual de umidade estando em desconformidade com a legislação vigente. Para as análises tecnológicas a condição A1 apresentou equivalência a condição A3 em tempo de cozimento e expansão de volume, maior absorção de água ainda em relação à A3 e menor perda de sólidos solúveis em relação às outras condições. Nas análises sensoriais a condição (A) obteve diferença significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros aparência, textura, impressão global e intenção de compra e diferença significativa ($p < 0,05$) no fator tempo (T) para todos os parâmetros avaliados. As análises de fungos apresentaram um pico de contagem nos tempos 120 e 180 dias corroborando com atividade de água. As

três condições avaliadas demonstram-se promissoras na obtenção de massas alimentícias de qualidade. Desta forma o estudo em si cumpriu com os objetivos e mostrou ser importante para a produção de massas alimentícias pela indústria.

2 ABSTRACT GERAL

Pasta is consumed worldwide, mainly due to its low cost, ease of transport, preparation and storage. For the analysis of the shelf life of foods, it is necessary to control several parameters. Thus, this work aimed to determine the effects of drying and to evaluate the useful life of artisanal pasta with traditional flavor from an agribusiness, located in Venda Nova do Imigrante, ES, Brazil. Studies were carried out in different dryers in addition to methodologies for optimizing the drying process. In the first article, the objective was to the drying effects of noodle pasta arranged in nests from a convective dryer combined with a microwave with an experimental design of 5 tests varying drying temperature and microwave power. In article two, the objective was to elaborate, evaluate the drying conditions and monitor the pasta's useful life through quality analyzes, dividing the work into two stages: drying kinetics and shelf life. For the studies, physical-chemical, technological, microbiological and sensory analyzes were carried out in order to show the best drying conditions individually and in the interaction over time. The results of article one showed that the best drying condition occurred at a temperature of 60 ° C in the hot air and in the 107 W power (level 2) of the microwave. Article two, on the other hand, showed that, due to the desirability function, the best drying temperature in the fixed bed of the masses was 72.01 ° C and thus, with the conduction of the experiment, it was possible to follow the study of the useful life of the products for six months. (step 2). The results of the second stage showed that condition A3 obtained the highest percentage of humidity, not complying with current legislation. For technological analysis, condition A1 was equivalent to condition A3 in cooking time and volume expansion, greater water absorption compared to A3 and less loss of soluble solids compared to other conditions. In sensory analysis, condition (A) obtained a significant difference ($p < 0.05$) in the appearance, texture, global impression and purchase intention parameters and a significant difference ($p < 0.05$) in the time factor (T) for all parameters evaluated. The fungi analyzes showed a peak count at 120 and 180 days, corroborating with water activity. The three conditions

evaluated show promise in obtaining quality pasta. Thus, the study itself fulfilled the objectives and proved to be important for the production of pasta by the industry.

3 INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução RDC nº 93 de 31 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000),

Massa alimentícia é o produto não fermentado, apresentado sob várias formas, recheado ou não, obtido pelo empasto, amassamento mecânico de farinha de trigo comum e ou sêmola/semolina de trigo e ou farinha de trigo integral e ou farinha de trigo durum e ou sêmola/semolina de trigo durum e ou farinha integral de trigo durum e ou derivados de cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, adicionado ou não de outros ingredientes e acompanhado ou não de temperos e ou complementos, isoladamente ou adicionados diretamente à massa.

As massas alimentícias desempenham um papel importante no mercado de alimentos, devido a seu baixo custo, facilidade de transporte, preparo e armazenamento, além de seu valor nutricional, características que garantem um impulso em seu consumo (AKILLIOGLU e YALCIN, 2010). Em 2018 o Brasil ocupou o terceiro lugar no mercado mundial na produção de massas alimentícias. No mesmo ano, o consumo per capita foi de, aproximadamente, 5,8 Kg/ano com faturamento superior a R\$ 8,7 bilhões (ABIMAPI, 2019).

As etapas que compõem a formulação de massas alimentícias são compostas por processos relativamente simples. Devem ser realizados inicialmente a mistura e o amassamento dos ingredientes permitidos e, desta forma, seguem-se as etapas de laminação, corte, secagem e empacotamento. A operação unitária de extrusão também pode ser uma tecnologia empregada, otimizando o processo (GUERREIRO, 2006; FOGAGNOLI e SERAVALLI, 2014).

A massa de melhor qualidade é produzida a partir de uma farinha com maior quantidade e melhor qualidade de proteínas. Um tipo de trigo, conhecido como *Amber durum*, apresenta alto conteúdo de proteínas e cinzas, além de endosperma duro e translúcido, dando à massa mais firmeza e estabilidade. Desta forma, pode-se destacar que os fatores de qualidade estão muito relacionados às características das matérias-primas, ou seja, ingredientes, utilizados na produção das massas alimentícias. No entanto, outras variáveis são importantes como, por exemplo, tipo de processamento, condições de secagem

e controle de qualidade (CRUZ e SOARES, 2004; ALTAN e MASKAN, 2005; OGAWA e ADACHI, 2014).

A secagem, de acordo com Fellows (2006), pode ser definida como sendo a aplicação de calor, sob condições controladas, com o objetivo de remover a maior parte da água livre encontrada no alimento, por meio de evaporação. Este tipo de operação pode ser realizado por várias metodologias e considera-se, de acordo com a literatura, um ótimo método para aumentar a estabilidade microbiológica, diminuir custos no transporte e armazenamento, além de aumentar a vida útil dos produtos (FELLOWS, 2006; HORUZ et al., 2017).

A secagem de massas alimentícias é empregada, originalmente, com baixas temperaturas. No entanto, secagem com altas temperaturas podem ser empregadas com baixo tempo de processamento, havendo necessidade, entretanto, de considerar a temperatura e umidade relativa ótimas para tal processo. A determinação das condições de secagem tem efeito na qualidade das massas, incluindo textura, cor e tempo de cozimento (OGAWA e ADACHI, 2014; PADALINO et al., 2016).

O método de secagem mais utilizado para desidratação de alimentos é o convencional por ar quente. No entanto, métodos combinados de secagem têm ganhado espaço nos últimos anos como uma tecnologia alternativa para aumentar a qualidade dos produtos. Uma das técnicas por exemplo, é a secagem combinando ar quente e micro-ondas. Nesta combinação, o ar quente facilita a remoção da água na superfície do produto e a energia de micro-ondas remove a água das camadas mais internas, diminuindo o tempo de secagem e aumentando a qualidade dos produtos (ALTAN e MASKAN, 2005; GONÇALVES et al., 2017; HORUZ et al., 2017).

Tendo em vista a necessidade da estabilidade das massas alimentícias, é necessário que, considerando as condições ótimas de secagem, além de Boas Práticas de Fabricação ideais, a estabilidade microbiológica atenda à legislação vigente. No entanto, além do preconizado pela legislação, outras análises são importantes para garantir e/ou entender o comportamento microbiológico da microbiota dos alimentos. A farinha de trigo, por exemplo, é uma das matérias-primas de diversos produtos que pode ser contaminada por fungos e micotoxinas, que são metabólitos secundários produzidos por uma variedade de fungos (CALORI-DOMINGUES et al., 2007; MARIN et al., 2013).

Para a determinação da vida útil dos alimentos, além de análises físico-químicas, tecnológicas e microbiológicas, é essencial entender o que o consumidor espera do produto. Desta forma, uma análise sensorial deve ser formulada a fim de obter resultados em relação ao que o consumidor espera por massa alimentícia de qualidade. As pessoas podem ser influenciadas por inúmeros fatores psicológicos e contextuais, no entanto, metodologias de análises menos complexas podem ser utilizadas, como testes de aceitação (DI MONACO et al., 2004; SILVA et al., 2013).

De acordo com dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), a agroindustrialização dos produtos no estado do Espírito Santo – Brasil, oportuniza inclusão social e produtiva às famílias rurais. Em torno de 34% das agroindústrias capixabas estão localizadas na Região Sul Caparaó, porém o maior número médio de agroindústrias por município encontra-se na Região Centro Serrana (INCAPER, 2019).

Considerando o expressivo consumo de massas alimentícias em muitas regiões do mundo, poucos estudos se relacionam ao desenvolvimento de novos produtos e ao controle de qualidade dos processos, principalmente para aqueles oriundos da agroindústria familiar. O controle, portanto, de temperatura de secagem, e condições de armazenamento, é essencial para a manutenção e prolongamento da vida útil de massas alimentícias. Desta forma, garante-se mais atração e segurança aos consumidores e maiores lucros às indústrias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKILLIOGLU, H. G.; YALCIN, E. Some quality characteristics and nutritional properties of traditional egg pasta. **Food Science Biotechnology**, v. 19, n. 2, p. 417-424, 2010.

ALTAN, A.; MASKAN, M. Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties. **Food Research International**, v. 38, n. 7, p. 787–796, 2005.

ABIMAPI. Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-massas.php>>. Acesso em: 21, ago. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000**. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de Identidade e qualidade de massas alimentícias. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2000/93_00rdc.htmF>. Acesso em: 22, ago. 2019.

CALORI-DOMINGUES, M. A.; ALMEIDA, R. R.; TOMIWAKA, M. M.; GALLO, C. R.; GLORIA, E. M.; DIAS, C. T. S. Ocorrência de desoxinivalenol em trigo nacional e importado utilizado no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 181-185, 2007.

CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F. Efeito da adição de CO₂ nas características tecnológica e sensorial do macarrão massa fresca tipo talharim. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 848-855, 2004.

DI MONACO, R.; CAVELLA, S.; DI MARZO, S.; MASI, P. The effect of expectations generated by brand name on the acceptability of dried semolina pasta. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 5, p. 429-437, 2004.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FOGAGNOLI, G.; SERAVALLI, E. A. G. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 204–212, 2014.

GONÇALVES, L. T.; PEREIRA, N. R.; ALMEIDA, S. B.; FREITAS, S. J.; WALDMAN, W. R. Microwave–hot air drying applied to selected cassava cultivars: drying kinetics and sensory acceptance. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 389-397, 2017.

GUERREIRO, L. **Dossiê técnico de massas alimentícias**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. 39 p.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAS, H.; MASKAN, M. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. **Food Chemistry**, v. 230, p. 295-305, 2017.

INCAPER. **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural**. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em: 29, nov. 2019.

MARIN, S.; RAMOS, A. J.; CANO-SANCHO, G.; SANCHIS, V. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 60, p. 218-237, 2013.

OGAWA, T.; ADACHI, S. Effects of drying conditions on moisture distribution in rehydrated spaghetti. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 78, n. 8, p. 1412-1414, 2014.

PADALINO, L.; CALIANDRO, R.; CHITA, G.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Study of drying process on starch structural properties and their effect on semolina pasta sensory quality. **Carbohydrate Polymers**, v. 153, p. 229-235, 2016.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 308p.

SILVA, J. P.; SCAPIM, M. R. S.; MONTEIRO, A. R. G.; OLIVEIRA, E. R. N.; MADRONA, G. S. Development of rice flour pasta for gluten induced enteropathy patients. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 3, n. 5, p. 101–104, 2013.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Elaborar massas alimentícias artesanais, avaliar e analisar a vida útil das massas submetidas a diferentes condições de secagem a partir de análises físico-químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais.

4.2 Objetivos específicos

- Estabelecer e avaliar os efeitos de secagem de massas alimentícias artesanais a partir de secador convectivo combinado com micro-ondas.
- Avaliar a vida útil da massa alimentícia artesanal sabor tradicional a partir de análises físico-químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais, produzida e seca em três condições distintas: na agroindústria de Venda Nova do Imigrante – ES e secas em secador industrial, laboratórios de pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES secas a partir de secador convencional de leite fixo e laboratórios de pesquisa da Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF secas com secador convencional combinado com micro-ondas.
- Elaborar propostas para melhorar a qualidade e a vida útil dos produtos da agroindústria parceira da pesquisa.

5 ARTIGOS ORIGINAIS

Massa alimentícia artesanal talharim seca em secador convectivo combinado com micro-ondas.

Resumo

Massas alimentícias são populares e produzidas de várias formas e tamanhos diferentes. Desta forma, a indústria e a pesquisa necessitam de atualizações a respeito de novas tecnologias que podem ser aplicadas ao processamento de novos produtos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da secagem de massas alimentícias talharim com arranjo em ninhos a partir de secador convectivo combinado com micro-ondas. Foi realizado um planejamento experimental com 5 ensaios variando temperatura de secagem e potência do micro-ondas. Após a secagem, foram realizadas análises de umidade para avaliar se as amostras estavam de acordo com a legislação ($\leq 13\%$), e análises tecnológicas de qualidade. De acordo com os resultados foi possível concluir que o Ensaio 5 (60°C/potência 107 W) foi a melhor opção para a secagem das amostras. Os resultados mostraram que este ensaio em questão apresentou a menor perda de sólidos solúveis, além do menor tempo de cozimento. Conclui-se, portanto, que esta condição é a ideal para a condução de outras pesquisas de desenvolvimento e vida útil de massas alimentícias.

Palavras chave: macarrão, talharim, tecnologia de secagem.

5.1 Introdução

Massas alimentícias, são consumidas em todo o mundo e por todas as classes sociais. É considerado um alimento bastante consumido na Europa e foi popularmente introduzido no Brasil no início do século XIX, principalmente devido à imigração italiana (AKILLIOGLU e YALCIN, 2010; SILVA et al., 2013). No país o consumo é bastante expressivo e está associado, principalmente, ao baixo custo do produto e valores nutritivos (ABIMAPI, 2019).

A secagem é uma operação unitária importante na indústria por, principalmente, aumentar a vida útil dos alimentos. Com a aplicação de calor em condições controladas possui a finalidade de minimizar as reações microbiológicas, enzimáticas e bioquímicas, como consequência da remoção do

maior conteúdo de água livre presente no alimento (FELLOWS, 2006). A secagem convencional é largamente utilizada, no entanto, segundo Horuz et al. (2017) a secagem por micro-ondas vem sendo recomendada como uma técnica rápida e eficiente.

No processo de aquecimento por micro-ondas, as frequências mais utilizadas para aplicações industriais e científicas são de 915 MHz e de 2.450 MHz (comprimentos de onda de 32,8 cm e 12,5 cm, respectivamente, em espaço livre) e 5.800 MHz para processos de pequena escala (MARSAIOLI JR, 1991, BARBOZA et al., 2001). Essas ondas propiciam o aquecimento dos alimentos, por promoverem interações entre os constituintes químicos do alimento e o campo eletromagnético (CAMPOS, 1986).

De acordo com Verma, Zafar e Talha (2020) durante o aquecimento por micro-ondas o calor é gerado devido à conversão de energia e não à transferência, ou seja, a energia eletromagnética age nas moléculas do alimento de forma que haja o aquecimento do produto e desta forma, energia eletromagnética transforma-se em energia térmica.

A secagem de massas alimentícias utilizando o micro-ondas não é novidade para a pesquisa e para a indústria de alimentos. Muitos trabalhos do século passado já traziam esta tecnologia descrita com a utilização de secadores em túneis. (SMITH, 1979; SVENSON, 1987; DECAREAU, 1984). O emprego de micro-ondas em combinação com ar quente convectivo é utilizado para otimizar a remoção da umidade dos produtos (GONÇALVES, et al. 2017). De acordo com Rosa (2010) a velocidade de secagem de produtos pode ser influenciada pela geometria da amostra e, desta forma, apesar de muitos trabalhos antigos, considerando as inúmeras formas de macarrão produzidas pelas indústrias, há a necessidade de mais pesquisas para comprovar a eficácia do processo para todos os tipos de massas alimentícias.

O objetivo do trabalho foi estabelecer e avaliar os efeitos de secagem de massas alimentícias artesanais a partir de secador convectivo combinado com micro-ondas e propor a melhor condição de secagem.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Preparo das amostras

A formulação original foi elaborada no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF) de acordo com a formulação utilizada por uma agroindústria parceira na execução do trabalho que fica situada na cidade de Venda Nova do Imigrante, no estado do Espírito Santo, Brasil. Além disso, parte dos ingredientes foram doados pela empresa.

As massas sabor tradicional, foram formuladas e moldadas no formato talharim, em ninhos.

5.2.2 Determinação do teor de umidade inicial

O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008) em estufa a 105 °C por 24 h.

O teor de umidade inicial, antes da secagem, foi obtido por meio de uma balança de infravermelho da marca GEHAKA modelo IV2000 – Versão 4.21, com as definições ideais para o produto definidas a partir de pré-testes, considerando a função auto-dry a 120 °C.

5.2.3 Secagem assistida por micro-ondas

Forno micro-ondas adaptado

Os experimentos foram conduzidos em um forno doméstico de micro-ondas, da marca Brastemp, cavidade com volume de 38 litros, modelo BMC38-A, com 900W de potência nominal máxima, devidamente adaptado a um sistema de ar quente no Laboratório de Operações Unitárias do Centro de Ciência e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual Norte Fluminense (CCTA/UENF). De acordo com a Figura 1 é possível observar a estrutura do equipamento.

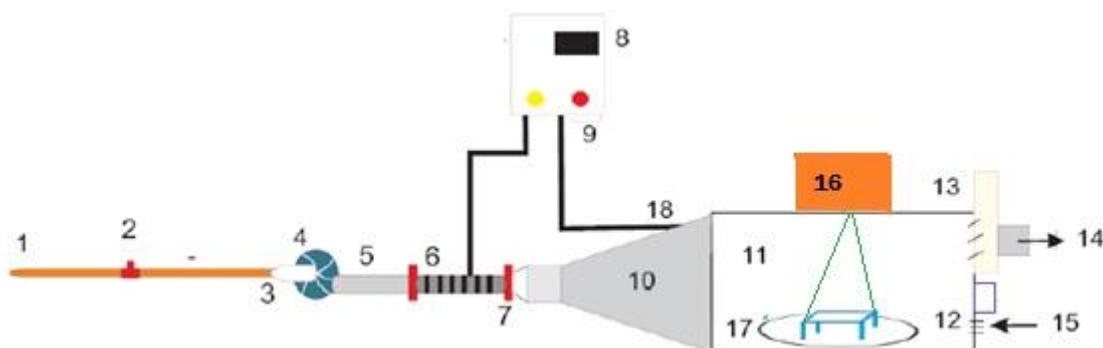


Figura 1 - Adaptação de forno de micro-ondas doméstico: (1) entrada de ar, (2) válvula, (3) tubo conector, (4) ventilador, (5) aquecedor elétrico, (6) Tubo flexível, (7) conector rápido, (8) controlador e indicador de temperatura, (9) Chave liga/desliga do controlador, (10) difusor de ar, (11) cavidade de micro-ondas, (12) suporte de produto, (13) janela de exaustão, (14), saída de ar, (15) ar de resfriamento do gerador de micro-ondas, (16) balança, (17) prato giratório, (18) Sensor de temperatura (termopar tipo K). (Adaptado de LOPES, 2013).

Dentro da cavidade do forno de micro-ondas foi colocado um suporte para suspensão da bandeja até atingir o plano central do forno e acima uma balança semi analítica por meio da qual foi possível medir a massa do produto durante o processo de secagem. Além disso, foram monitoradas as Temperaturas (T) de entrada e saída, as Umidades Relativas (UR) de saída e ambiente e a Temperatura (T) ambiente.

Antes da secagem das amostras foi realizado a medida da potência no forno micro-ondas, determinada pelo método de teste “IMPI 2 – Litros” adaptado de Buffler (1991) citado por Marsaioli Jr (2001).

Secagem das amostras

O produto foi distribuído uniformemente em uma bandeja de dois andares (Figura 2) e colocado sobre a placa giratória de vidro no interior do micro-ondas. A bandeja era suspensa durante o tempo de pesagem e acoplada em uma balança semi analítica para averiguar a massa (g). Foi medida a massa inicial da amostra e, por balanço de massa, calculou-se a massa final que deveria ser retirado. O processo de secagem foi conduzido até que as amostras atingissem

um teor de umidade de 12% (b.u.), estando de acordo com a legislação (BRASIL, 2000).



Figura 2 – Bandeja de dois andares para secagem em forno de micro-ondas.
Fonte: autoria própria.

5.2.4 Determinação da umidade final

A determinação de umidade das massas alimentícias foi de acordo com a metodologia do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). Foram utilizados 5,0 g de massa alimentícia moída, a qual foi submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

5.2.5 Análises tecnológicas

As análises de determinação da qualidade das massas alimentícias observou o método nº 16-50 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1995), com adaptações.

Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado a partir da cocção de 10,0 g de produto colocados em 500 mL de água destilada em ebulição. As amostras foram dispostas entre duas lâminas de vidro e comprimidas (a intervalos de tempo determinados), até que o núcleo branco central da massa desaparecesse. A partir de então, o macarrão foi considerado cozido.

Absorção de água

Para a análise de absorção de água, uma amostra de 10,0 g foi submetida ao cozimento, sendo medida sua massa posteriormente. Para isso foi considerado o tempo de cozimento ideal. A absorção de água (AA) foi calculada pela relação entre o peso da massa cozida e o peso da massa crua, expresso em porcentagem (%), de acordo com a Equação 1.

$$\% AA = \frac{\text{Massa do macarrão cozido}}{\text{Massa do macarrão cru}} \times 100 \quad (1)$$

Expansão de volume

A análise de expansão de volume (EV) foi feita utilizando-se uma proveta contendo 60 mL de tolueno. A EV foi determinada pela razão entre o volume deslocado de tolueno por 10,0 g de produto cozido pelo volume de tolueno deslocado por 10,0 g do produto cru, ou seja, 10 g de massa crua foram utilizadas na análise e outras 10 g de massa crua foram levadas ao cozimento e, posteriormente, realizada a análise de EV. A expansão de volume foi expressa em porcentagem (%), de acordo com a Equação 2.

$$\% EV = \frac{\text{Volume de tolueno deslocado do macarrão cozido (mL)}}{\text{Volume de tolueno deslocado do macarrão cru (mL)}} \times 100 \quad (2)$$

Perda de sólidos solúveis

A perda de sólidos solúveis foi determinada a partir da medição, em proveta, da água drenada após o cozimento do macarrão. Em seguida, uma alíquota de 10 mL da água de cozimento das amostras foi coletada, em duplicata, e dispostas em placas de Petri, que foram levadas à estufa a 105 °C até peso constante. A porcentagem de perda de sólidos solúveis foi dada pela Equação 3.

$$\% \text{ Perda de sólidos solúveis} = \frac{(\text{Volume de água} \times \text{Massa do resíduo seco}) \times 10}{\text{Massa do macarrão cru}} \quad (3)$$

5.2.6 Procedimento experimental e análise estatística

Foi adotado um planejamento experimental fatorial 2^2 mais o ponto central (Tabela 1), onde as variáveis independentes eram a temperatura do ar (T) e a potência de micro-ondas (PM) e as variáveis dependentes o tempo de secagem e as propriedades tecnológicas.

Tabela 1 – Planejamento Experimental para secagem convectiva combinada com micro-ondas de massa alimentícia artesanal.

Ensaio	Variáveis independentes			
	Valores Codificados		Valores Reais	
	T	PM	T (°C)	PM (nível) (PM (W))
E1	-1	-1	45	1 (39)
E2	+1	-1	75	1 (39)
E3	-1	+1	45	3 (187)
E4	+1	+1	75	3 (187)
E5	0	0	60	2 (107)

Legenda: PM – Potência de micro-ondas; W – Watts.

Após a condução dos testes, as amostras passaram por análise de umidade e análises tecnológicas (tempo de cozimento, absorção de água, expansão de volume e perda de sólidos solúveis), de acordo com IAL (2008) e AACC (1995), respectivamente. Desta forma, testou-se os cinco diferentes tratamentos utilizando ANOVA seguida de teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e discussão

O ensaio E1 apresentou um tempo de processo de 105 minutos (min), porém não apresentou eficiência na análise de umidade (13,7%), estando em desconformidade com a legislação.

Por outro lado os ensaios E2 (90 min), E3 (45 min), E4 (25 min) e E5 (55 min) apresentaram, respectivamente, as médias de 12,8 %, 12,1 %, 12,2 % e 12,1 % de umidade final, e dentro do estabelecido pela RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000 da ANVISA, um valor máximo de 13%, em base úmida, para massas alimentícias secas (BRASIL, 2000).

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados para os cinco diferentes tratamentos testados usando ANOVA seguida de teste de comparação de

médias de Tukey. Os resultados estão expressos na Tabela 2. Pode-se observar que, dentre os cinco ensaios testados o E5 (ponto central) foi o que obteve as melhores médias.

Tabela 2 – Resultados das análises tecnológicas das massas alimentícias

	E1	E2	E3	E4	E5
Tempo de cozimento (min)	14,473a	10,767b	10,887b	11,78c	9,9344d
Absorção de água (%)	193,23a	235,93a	199,66a	194,33a	241,58a
Expansão de volume (%)	200,46a	203,7a	193,81a	198,02a	296,31a
Perdas de sólidos solúveis (%)	12,808ab	18,283a	13,055ab	15,395a	4,1312b

Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, em uma mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

O ensaio E5 foi escolhido pois apresentou um tempo de cozimento menor que os demais e uma menor perda de sólidos solúveis que os ensaios E2 e E4.

De acordo com Casagrandi et al. (1999) e Minguita et al. (2015) o tempo de cozimento é um parâmetro de extrema importância para o consumidor, pois além de variar com o formato das massas, pode interferir em outras análises de qualidade. Para Reis (2013) o tempo de cozimento é um fator que pode estar associado à intenção de compra de consumidores, pois influencia diretamente em parâmetros como textura e aparência.

Chang e Flores (2004) também discutem a importância do tempo de cozimento. Em seu trabalho com massas frescas eles relatam que o teor de umidade pode influenciar no tempo de cozimento. Desta forma, massas com umidade baixas precisam de mais tempo para que toda a amostra esteja cozida. Portanto seguir a legislação (BRASIL, 2000) é importante não só para a estabilidade microbiológica, mas também para melhores características tecnológicas, pois considera um intervalo ótimo de umidade.

Outro fator de importância para a escolha do ensaio ideal foi a perda de sólidos solúveis. Segundo Romero e Zhang (2019) a recomendação para massas de trigo de boa qualidade é uma perda inferior a 12%, fato também relatado por Hummel (1966) e Ormenese e Chang (2003) que afirmam que massas alimentícias com perda de sólidos solúveis superior a 10% são consideradas de baixa qualidade. De acordo com esses dados, portanto, o ensaio E5 se apresentou como a escolha mais adequada entre as condições testadas.

5.4 Conclusão

Conclui-se que o ensaio 5 (potência de 107 W e temperatura do ar de secagem igual a 60 °C) mostrou as condições ideais para a secagem de massas alimentícias (talharim em ninhos) sem que apresentassem problemas tecnológicos no produto final. Essas condições, portanto, servem de base para estudos mais específicos como os de vida útil das massas alimentícias.

Referências bibliográficas

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**. 8. ed. Saint Paul, 1995.

ABIMAPI. **Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados**. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-massas.php>>. Acesso em: 21, ago. 2019.

AKILLIOGLU, H. G.; YALCIN, E. Some quality characteristics and nutritional properties of traditional egg pasta. **Food Science Biotechnology**, v. 19, n. 2, p. 417-424, 2010.

BARBOZA, A. C. R. N.; CRUZ, C. V. M. S.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C. F.; SABADINI, E. Aquecimento em forno de micro-ondas / desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 901-904, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de Identidade e qualidade de massas alimentícias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2000/93_00rdc.htmF>. Acesso em: 10, ago. 2018.

BUFFLER, C. **A guideline for power output measurement of consumer microwave ovens**. 1991. In: Marsaioli JR. A. Tecnologia das micro-ondas no processamento de alimentos. Universidade Estadual de Campinas, 2001, 249p.

CAMPOS, M. S. **Influência da energia de micro-ondas na qualidade tecnológica do trigo**. 1986. 120f. Tese (Mestrado Engenharia de Alimentos e Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 1986.

CASAGRANDE, D. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SALGADO, J. M.; PIZZINATO, A.; NOVAES, N. J. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 137–143, 1999.

CHANG, Y. K.; FLORES, H. E. M. Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaboradas de semolina de trigo durum (*T. durum* L.) e Farinha de Trigo (*T. aestivum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 487-493, 2004.

DECAREAU, R. V. Microwaves in food processing. **Food Technology in Australia**, v. 36, n. 2, p. 81-86, 1984.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

GONÇALVES, L. T.; PEREIRA, N. R.; ALMEIDA, S. B.; FREITAS, S. DE J.; & WALDMAN, W. R. Microwave-hot air drying applied to selected cassava cultivars: drying kinetics and sensory acceptance. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 2, p. 389–397, 2017.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAS, H.; MASKAN, M. Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. **Food Chemistry**, v. 230, p. 295-305, 2017.

HUMMEL, C. **Macaroni products: manufacture, processing and packing**. 2.ed. London: Food Trade, 1966. 287p.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1000p.

LOPES, F. J. **Estudo do fenômeno de encolhimento na secagem convectiva de abacaxi com aplicação de micro-ondas**. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes - RJ, 2013.

MARSAIOLI JR., A. **Desenvolvimento da tecnologia de aplicação de micro-onda sem secador cilíndrico-rotativo combinado com ar quente para produtos granulados**. 1991. 218f. Tese (Doutorado em Engenharia Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 1991.

MINGUITA, A. P. S.; CARVALHO, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; GALDEANO, M. C. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, 2015.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura em comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p. 91-97, 2003.

REIS, T. A. **Caracterização de macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de pescado**. 2013. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

ROMERO, H. M.; ZHANG, Y. Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 1, 2019.

ROSA, J. G. **Secagem de cenoura (*Daucus carota* L.) em micro-ondas**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2010.

SILVA, J. P.; SCAPIM, M. R. S.; MONTEIRO, A. R. G.; OLIVEIRA, E. R. N.; MADRONA, G. S. Development of rice flour pasta for gluten induced enteropathy patients. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 3, n. 5, p. 101–104, 2013.

SMITH, Franklin J. Microwave-hot air drying of pasta, onions and bacon. **Microwave energy Application Newsletter**, v. 12, n. 6, p. 6-12, 1979.

SVENSON, George. Microwave systems save time, energy. **Prepared Foods**, p. 86-90, Oct, 1987.

VERMA, N.; ZAFAR, S.; TALHA, M. Application of microwave energy for rapid fabrication of nano-hydroxyapatite reinforced polycaprolactone composite foam. **Manufacturing Letters**, v. 23, p. 9-13, 2020.

Avaliação da vida útil de massas alimentícias submetidas a diferentes condições de secagem: análises microbiológicas, tecnológicas e sensoriais.

Resumo

Massas alimentícias são populares entre as pessoas de todos os continentes do planeta. As artesanais são tradicionalmente fabricadas desde muitos anos em casa para consumo próprio e com o aumento das agroindústrias foi se tornando valiosa em termos comerciais. Com isso, são necessárias pesquisas que estudem o desenvolvimento da tecnologia e do comércio deste produto. O objetivo deste trabalho foi elaborar, avaliar as condições de secagem e acompanhar a vida útil de massas por análises microbiológicas, tecnológicas e sensoriais. O trabalho foi dividido em duas etapas. Na etapa 1 foi realizado o estudo da cinética de secagem em secador convencional de ar quente de leito fixo e, por desejabilidade, foi escolhida a melhor condição de secagem. Na etapa 2, foram analisados 3 condições (A1, A2 e A3). A condição A2 foi obtida a partir da melhor condição de secagem da etapa 1; já a condição A1 foi obtida de acordo com ensaios prévios considerando a melhor condição de secagem através de micro-ondas combinado com ar quente; e a condição A3 foi proveniente de amostras oriundas de uma agroindústria situada na cidade de Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil. Foram realizadas análises microbiológicas, físico-químicas, tecnológicas e sensoriais ao longo de 180 dias de armazenamento. Os resultados da etapa 1 mostraram que a melhor condição de secagem em leito fixo se dá à temperatura de 72,01°C. Os resultados da etapa 2 mostraram que a condição A3 obteve o maior percentual de umidade estando em desconformidade com a legislação vigente. Para as análises tecnológicas a condição A1 apresentou equivalência a condição A3 em tempo de cozimento e expansão de volume, maior absorção de água ainda em relação à A3 e menor perda de sólidos solúveis em relação às outras condições. Nas análises sensoriais a condição (A) obteve diferença significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros aparência, textura, impressão global e intenção de compra e diferença significativa ($p < 0,05$) no fator tempo (T) para todos os parâmetros avaliados. As análises de fungos apresentaram um pico de contagem nos tempos 120 e 180 dias corroborando com atividade de água. As três condições avaliadas demonstram-se promissoras na obtenção de massas alimentícias de qualidade e mostram a importância deste tipo de estudo.

Palavras chave: micro-ondas, vida de prateleira, leito fixo, macarrão.

5.5 Introdução

Massas alimentícias merecem destaque dentre os produtos à base de trigo. O macarrão é considerado um alimento bastante popular e que traz saciedade, além de nutritivo e que pode ser de baixo custo, mas também está associado a pratos sofisticados. Versátil e prático o macarrão está incorporado à cozinha

brasileira desde muitos séculos introduzido pela cultura italiana e que agrada pessoas de todas as idades (ABIMAPI, 2019; FRADINHO et al. 2020).

Uma massa alimentícia de boa qualidade, de acordo com Guerreiro (2006) e Simonato, Curioni e Pasini (2015) não está relacionado apenas à origem da matéria-prima, mas também ao tipo de processamento e condições de secagem. Estes, aliados às Boas Práticas de Fabricação (BPFs) influenciam diretamente na qualidade e na escolha do produto pelo consumidor.

Com a diversificação da geometria das massas alimentícias e também o desenvolvimento de produtos alimentares com melhor qualidade nutricional, tornou-se necessário a atualização das pesquisas que envolvem o estudo da vida útil desses produtos (MINGUITA et al. 2015; SIMONATO, CURIONI e PASINI, 2015).

Consumidores de massas alimentícias e de outros produtos farináceos no geral costumam ser exigentes com a qualidade principalmente quando esta diz respeito à textura (FRADINHO, et al. 2020). Este atributo é bastante importante na aceitação sensorial (REIS e MINIM, 2010).

A estabilidade microbiológica por sua vez é importante em todas as etapas do desenvolvimento de produtos antes mesmo do consumo, ou seja, na intenção de compra do macarrão (REIS e MINIM, 2010). Produtos com susceptibilidade a fungos oferecem risco à saúde das pessoas (JAY, 2005) e, por isso, o controle de etapas críticas do processamento, como a secagem, mostra-se crucial para o aumento da vida útil das massas alimentícias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil da massa alimentícia artesanal sabor tradicional a partir de análises físico-químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais, produzida e seca em três condições distintas.

5.6 Material e métodos

5.6.1 Planejamento experimental e análise estatística

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Técnicas Dietéticas, do Departamento de Nutrição, Química de Alimentos, Microbiologia de Alimentos e Operações Unitárias, do Departamento de Engenharia de Alimentos, localizados no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, Espírito Santo, Brasil.

De acordo com a Figura 1 é possível observar o planejamento do experimento.

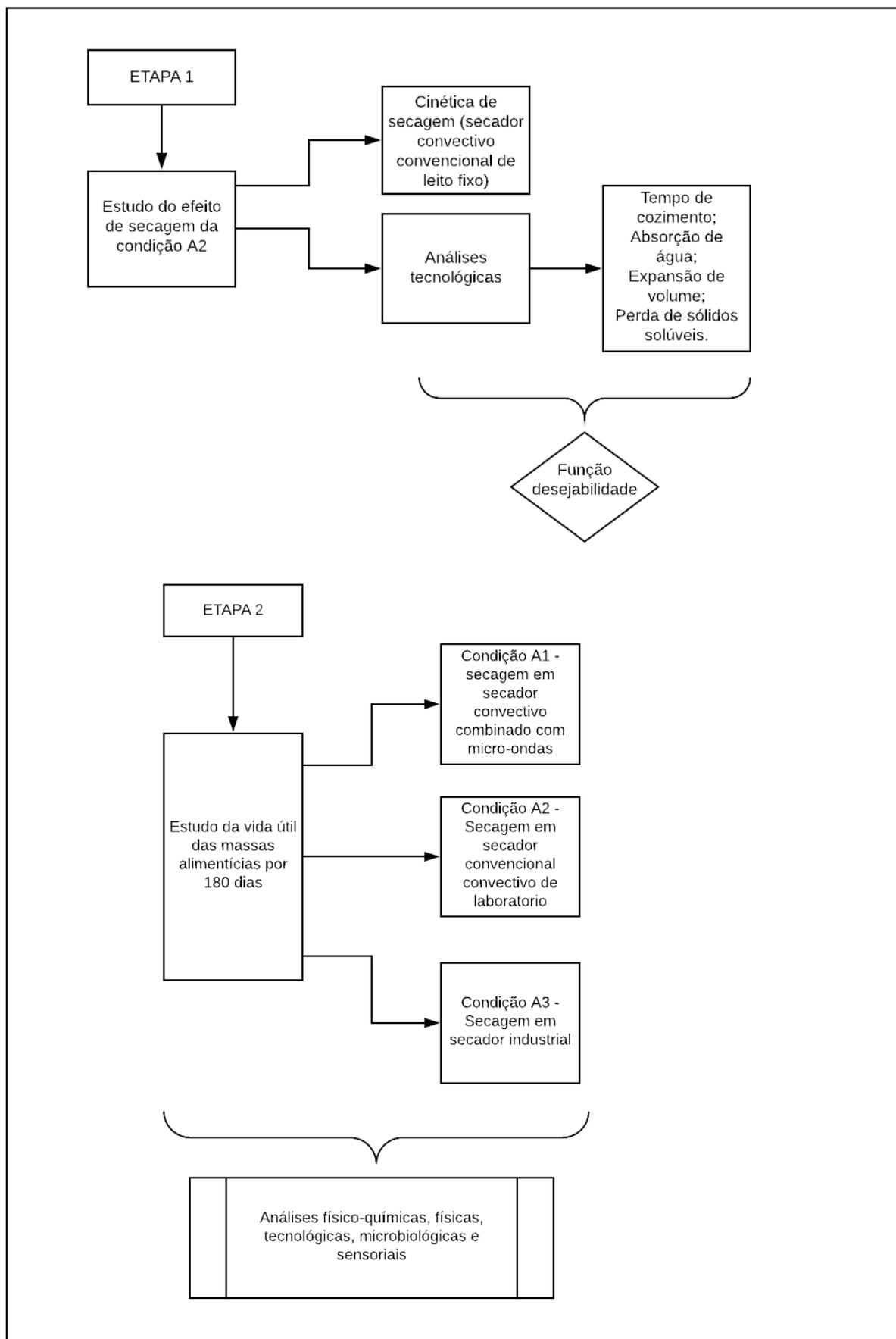


Figura 1 - Fluxograma do planejamento experimental do trabalho (etapas 1 e 2).

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na etapa 1 foi estudado o efeito de secagem da massa alimentícia artesanal sabor tradicional, de acordo com a formulação original da agroindústria, em secador convectivo convencional de leito fixo. A melhor condição de secagem foi a que exerceu melhor influência sobre as características físico-químicas e tecnológicas das massas alimentícias.

A etapa 2 consistiu na análise de vida útil de três condições: A1, A2 e A3. A condição A1 vem da melhor condição de secagem combinada utilizando secador convectivo e micro-ondas. A condição A2 foi oriunda da melhor condição de secagem da etapa 1, utilizando secador convencional em laboratório; e a condição A3 foi estudada a partir de amostras obtidas por secagem em secador industrial.

Na etapa 2 e condições A1 e A2, as amostras foram formuladas e levadas para os secadores previamente calibrados na melhor condição de secagem. Para a condição A1 foi adotado a temperatura de secagem de 60° C e potência de micro-ondas de 107 W. Para a condição A2 a temperatura de secagem foi de 72,01° C, considerando a etapa 1. As amostras da condição A3 foram fornecidas pela empresa, processada e seca nas condições da agroindústria.

Todas as amostras foram embaladas nas embalagens originais da indústria a fim de manterem as mesmas características de armazenamento.

5.6.2 Preparo das amostras

A formulação original foi elaborada de acordo com a receita de uma agroindústria familiar, parceira na execução do trabalho e que fica situada na cidade de Venda Nova do Imigrante, no estado do Espírito Santo, Brasil. Além disso, parte dos ingredientes foram doados pela empresa. As massas foram formuladas e moldadas no formato talharim, em ninhos.

Para o preparo da massa alimentícia, os ingredientes secos (farinha de trigo, açúcar em pó e gomas) foram misturados sendo, posteriormente, adicionados os ovos. A mistura foi homogeneizada para a melhor formação da rede de glúten. Em seguida a massa foi cilindrada, cortada no formato talharim com espessura de $2,5 \pm 0,2$ mm e enroladas em ninhos, conforme a Figura 2.



Figura 2 – massa alimentícia talharim em ninhos

Na etapa 1 as amostras foram preparadas para serem secas em secadores convencionais convectivos de leito fixo, para a otimização de secagem. Assim foram formuladas, colocadas nas bandejas e levadas para os secadores, considerando as temperaturas de secagem de 35, 45, 55, 65 e 75° C.

As condições A1, A2 e A3 da etapa 2 seguiram a mesma formulação e conformação original, de acordo com a agroindústria.

5.6.3 Etapa 1

Cinética de secagem

Na etapa 1 as massas alimentícias talharim em ninhos (A2) foram colocadas em bandejas de inox perfuradas com dimensões de 50 x 40 cm e 1 cm de altura e levadas para um secador de cabine com ventilação forçada de ar quente (1,5m/s).

As temperaturas de secagem utilizadas foram de 35, 45, 55, 65 e 75 °C. A massa das amostras foi registrada no início da secagem e durante o processo em intervalos de 15 minutos na primeira hora, 30 minutos durante a segunda e terceira hora e 60 minutos até que a massa apresentasse umidade máxima de 12% (b.u.), de acordo com Brasil (2000).

Por balanço de massa foi possível determinar o final da secagem (12% de umidade em base úmida) de acordo com a equação 1.

$$Mf = \frac{Mi \cdot (100 - Ui)}{100 - Uf} \quad (1)$$

onde, M_i é a massa inicial, U_i é a umidade inicial e U_f é a umidade final.

Para cada temperatura, a razão de umidade (RU) foi obtida, de acordo com a Equação 2.

$$RU = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

em que, M_0 é massa (g) da massa alimentícia na bandeja antes de ser colocada no secador; M_t é massa (g) da massa alimentícia na bandeja nos tempos medidos; e M_e é massa (g) da massa alimentícia na bandeja no equilíbrio.

Após os resultados de razão de umidade serem obtidos, os modelos matemáticos de Henderson e Pabis (Equação 3), Page (Equação 4), Lewis (Equação 5) e Midilli (Equação 6) foram ajustados.

$$RU = ae^{-kt} \quad (3)$$

$$RU = e^{-kt^n} \quad (4)$$

$$RU = e^{-kt} \quad (5)$$

$$RU = ae^{(-kt)^n} + b \cdot t \quad (6)$$

em que, a , k , b e n são parâmetros dos modelos e t é o tempo de secagem, em minutos.

Os ajustes dos parâmetros dos modelos foram realizados por meio da minimização da soma de quadrados dos desvios, usando regressão não linear. Os modelos ajustados foram comparados pelo coeficiente de determinação (r^2) e pelo erro padrão da regressão (S).

O modelo que melhor representou a cinética de secagem foi determinado e foi avaliada a influência da temperatura de secagem sobre seus parâmetros. Um modelo matemático foi então indicado para descrever esse efeito.

Ao final da secagem, as massas alimentícias foram colocadas em dessecadores até atingirem a temperatura ambiente e em seguida foram avaliadas as influências dos parâmetros sobre a qualidade, a partir de análises tecnológicas afim de aplicar a função desejabilidade.

Análises tecnológicas das massas alimentícias

As análises de determinação de qualidade das massas alimentícias foram

realizadas de acordo com o método nº 16-50 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1995), com adaptações.

Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado a partir da cocção de 10,0 g de produto colocados em 500 mL de água destilada em ebulição. As amostras foram dispostas entre duas lâminas de vidro e comprimidas, a intervalos de tempo determinados, até que o núcleo branco central da massa desapareça. A partir de então, o macarrão será considerado cozido.

Absorção de água

Para a análise de absorção de água, uma amostra de 10,0 g foi submetida ao cozimento, sendo medida sua massa posteriormente. Para isso foi considerado o tempo de cozimento ideal. A absorção de água (AA) foi determinada pela relação entre o peso da massa cozida pelo peso da massa crua, expresso em porcentagem (%), de acordo com a Equação 7.

$$\% AA = \frac{\text{Massa do macarrão cozido}}{\text{Massa do macarrão cru}} \times 100 \quad (7)$$

Expansão de volume

A análise de expansão de volume (EV) foi feita utilizando-se uma proveta contendo 60 mL de tolueno. A EV foi determinada pela razão entre o volume deslocado de tolueno por 10,0 g de produto cozido pelo volume de tolueno deslocado por 10,0 g do produto cru, ou seja, 10 g de massa crua foram utilizadas na análise e outras 10 g de massa crua foram levadas ao cozimento e, posteriormente, realizada a análise de EV. A expansão de volume foi expressa em porcentagem (%), de acordo com a Equação 8.

$$\% EV = \frac{\text{Volume de tolueno deslocado do macarrão cozido (mL)}}{\text{Volume de tolueno deslocado do macarrão cru (mL)}} \times 100 \quad (8)$$

Perda de sólidos solúveis

A perda de sólidos solúveis foi determinada a partir da medição, em

proveta, da água drenada após o cozimento do macarrão. Em seguida, uma alíquota de 10 mL da água de cozimento das amostras foi coletada, em duplicata, e dispostas em placas de Petri, que foram levadas à estufa a 105 °C até peso constante. A porcentagem de perda de sólidos solúveis foi calculada pela Equação 9.

$$\% \text{ Perda de sólidos solúveis} = \frac{(\text{Volume de água} \times \text{Massa do resíduo seco}) \times 10}{\text{Massa do macarrão cru}} \quad (9)$$

Função desejabilidade

Cada variável resposta, \hat{y}_i , foi convertida em uma função desejabilidade individual, d_i , dentro do intervalo $0 \leq d_i \leq 1$ usando as Equações 10 e 11 para maximizar e minimizar as variáveis, respectivamente.

$$d_i = \left\{ \begin{array}{l} 0, \\ \left(\frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i} \right)^{r_i}, \\ 1, \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{se} \\ \text{se} \\ \text{se} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_i \leq L_i \\ L_i < \hat{y}_i < T_i \\ \hat{y}_i \geq T_i \end{array} \right. \quad (10)$$

$$d_i = \left\{ \begin{array}{l} 1, \\ \left(\frac{U_i - \hat{y}_i}{U_i - T_i} \right)^{r_i}, \\ 0, \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{se} \\ \text{se} \\ \text{se} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_i \leq T_i \\ T_i < \hat{y}_i < U_i \\ \hat{y}_i > U_i \end{array} \right. \quad (11)$$

Onde:

T_i é o valor alvo (ótimo);

L_i é o valor mínimo para as respostas que serão maximizadas;

U_i é o valor máximo para as respostas que serão minimizadas;

Após obter os valores das N desejabilidades individuais, d_i , foi calculado o valor da desejabilidade global, D , pela Equação 12.

$$(\prod_{i=1}^N d_i)^{1/N} \quad (12)$$

A condição ótima foi considerada a que apresentou maior valor da desejabilidade global.

5.6.4 Etapa 2

Na etapa 2 as amostras das condições A1, A2 e A3 foram embaladas em embalagens cartonadas cobertas com polímero polietileno de baixa densidade

linear e armazenadas em local fresco e arejado. As amostras foram avaliadas durante sete tempos: tempo 0 (0 dias), tempo 1 (30 dias), tempo 2 (60 dias), tempo 3 (90 dias), tempo 4 (120 dias), tempo 5 (150 dias) e tempo 6 (180 dias).

Análise de umidade

A determinação de umidade das massas alimentícias foi de acordo com a metodologia do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008) e foi realizada nos tempos 0 (zero) e 6 (seis).

Análise de cor

A análise de cor foi realizada em colorímetro (marca Konica Minolta®, modelo Spectrophotometer CM-5) obtendo-se os parâmetros L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul). A Equação 13 apresenta a diferença total de cor, ΔE , mensurando a variação global da cor em relação a uma referência (tempo zero) (CANER e ADAY, 2009; WROLSTAD e SMITH, 2010; HRUŠKOVÁ, ŠVEC e SEKEROVÁ, 2011).

$$\Delta E = \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 + (L - L_0)^2} \quad (13)$$

em que, ΔE = diferença global de cor.

Análise de atividade de água (A_w)

A atividade de água foi determinada diretamente a partir de um medidor de atividade de água LabMaster®, da Novasina AG.

Análises tecnológicas

Todas as análises tecnológicas observaram o método nº 16-50 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1995), com adaptações, conforme descrito anteriormente em 5.6.3.

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada no tempo zero da vida útil e após 6 meses, ambas após as análises microbiológicas de Coliformes a 45 °C.

A análise sensorial foi realizada por testes de aceitação e intenção de compra e foi conduzida com 82 consumidores de massas alimentícias não treinados (homens e mulheres de 18 a 60 anos). Os parâmetros avaliados foram aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, baseados em escala hedônica de 9 pontos (1 para desgostei extremamente e 9 para gostei extremamente) (REIS e MINIM, 2010). Foi utilizada também uma escala de intenção de compra de 5 pontos (BREWER e MCKEITH, 1999).

Análises microbiológicas

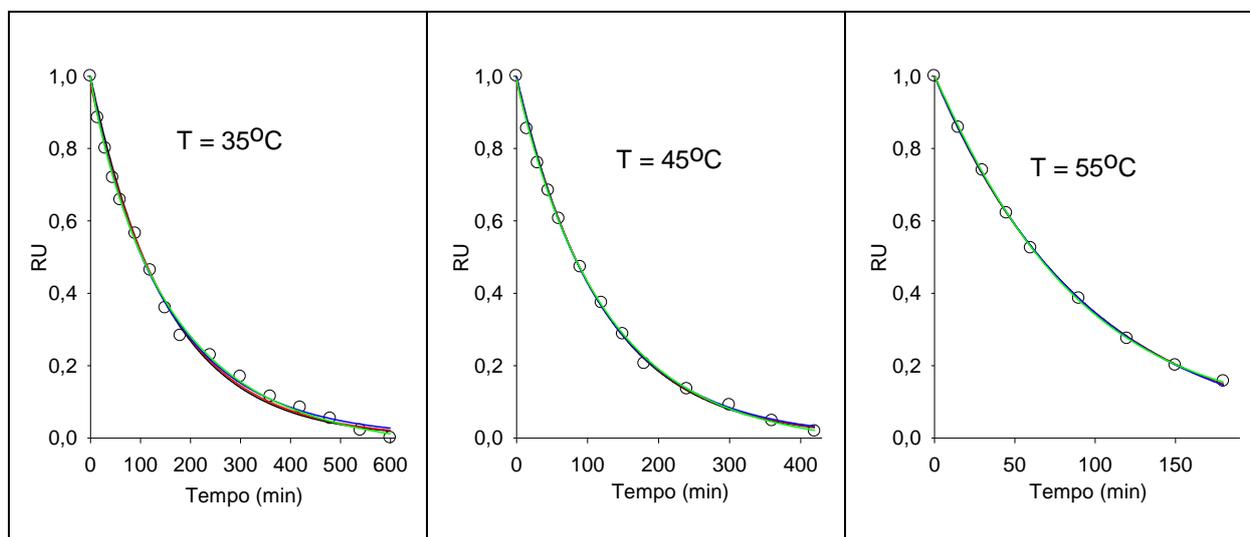
Foram realizadas análises microbiológicas de Coliformes a 45 °C nos tempos 0 (zero) e 6 (seis) e análise de fungos durante 6 meses (a partir do tempo zero e em intervalos de 30 a 30 dias). Todas as análises foram conduzidas de acordo com Silva et al. (2010).

5.7 Resultados e discussão

5.7.1 Etapa 1

Cinética de secagem em secador convectivo – condição A2

Os dados experimentais de Razão de Umidade (RU) ao longo do tempo de secagem e os modelos matemáticos ajustados são apresentados na Figura 3.



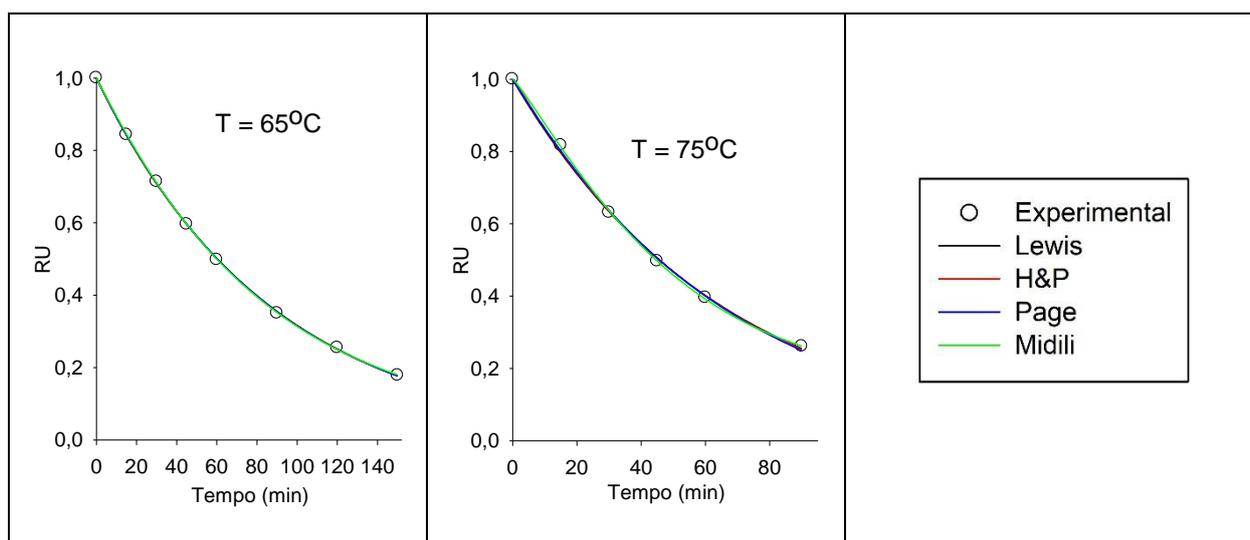


Figura 3 – Cinética de secagem das massas alimentícias.

De acordo com a Figura 3 os tempos de secagem para as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75 °C foram decrescendo à medida que aumentava a temperatura. Em todas as temperaturas é possível perceber uma diminuição acentuada da razão de umidade no início da secagem, e que diminui com o passar do tempo. Araújo et al. (2017) constataram e reafirmaram baseados em outros trabalhos que a razão de umidade reduz-se rapidamente no início da secagem e diminui lentamente durante o processo.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores dos parâmetros estimados dos modelos, assim como os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) e o erro padrão da regressão (S).

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) e erro padrão da regressão (S) das curvas de secagem de massa alimentícia

Temperatura	Modelo	k	n	a	b	R^2_{adj}	S
35 °C	Lewis	0,006576	-	-	-	0,9967	0,01912
	Page	0,009074	0,9356	-	-	0,9978	0,01553
	H&P	0,006370	-	0,9775	-	0,9973	0,01730
	Midili	0,01053	0,9001	1,0011	-	0,9979	0,01509
					0,00004		
45 °C	Lewis	0,008455	-	-	-	0,9988	0,01158
	Page	0,009508	0,9752	-	-	0,9989	0,01116
	H&P	0,008306	-	0,9868	-	0,9990	0,01057
	Midili	0,009699	0,9648	0,9925	-	0,9990	0,01068
					0,00004		
55 °C	Lewis	0,01059	-	-	-	0,9996	0,00601
	Page	0,01006	1,0117	-	-	0,9996	0,00603
	H&P	0,01065	-	1,0042	-	0,9996	0,00606
	Midili	0,008725	1,0559	0,9993	0,00018	0,9996	0,00602
65 °C	Lewis	0,01152	-	-	-	0,9999	0,00339

	Page	0,01127	1,0053	-	-	0,9999	0,00352
	H&P	0,01155	-	1,0018	-	0,9999	0,00353
	Midili	0,01054	1,0276	0,9998	0,00011	0,9999	0,00342
75 °C	Lewis	0,01520	-	-	-	0,9985	0,01066
	Page	0,01379	1,0250	-	-	0,9984	0,01112
	H&P	0,01536	-	1,0068	-	0,9983	0,01121
	Midili	0,01037	1,1390	1,0009	0,00097	0,9985	0,01074

Todos os modelos testados apresentaram excelente desempenho para todas as temperaturas de secagem. O modelo de Midili foi o que apresentou o melhor desempenho na temperatura de 35 °C. O modelo de Handerson e Pabis foi o de melhor desempenho na temperatura de 45 °C e o modelo de Lewis foi o de melhor desempenho nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C. Uma vez que o modelo de Lewis é o mais simples dos modelos testados e apresentou um excelente desempenho. Tendo sido o melhor em três das cinco temperaturas testadas, optou-se por escolher esse modelo para representar a cinética de secagem do macarrão.

A partir do modelo de Lewis para cada temperatura e com a massa de sólidos e umidade inicial das amostras, estimou-se a umidade em base úmida ao longo do tempo, que pode ser observa na Figura 4.

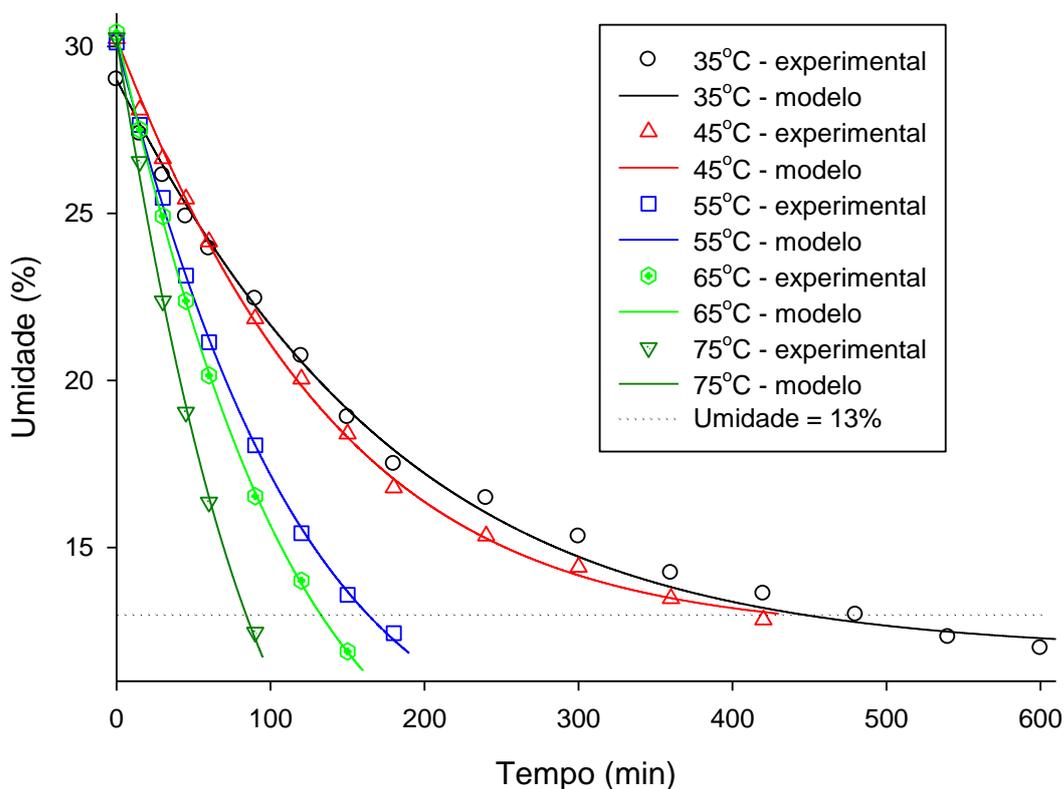


Figura 4 - Curvas de secagem da massa alimentícia em diferentes temperaturas do ar de secagem ajustadas pelo modelo de Lewis.

É possível observar na Figura 4 que com o aumento da temperatura de secagem, há uma redução mais rápida do teor de umidade na amostra, dados que corroboram com vários estudos em diferentes produtos (GULER, KOKSEL e NG, 2002; D'AMICO et al. 2015; HORUZ et al. 2017).

Para estimar o tempo de secagem em cada temperatura, considerou-se o tempo no qual a umidade atingiu o valor de 13%. A partir dos valores de tempos de secagem, ajustou-se o seguinte modelo (Equação 14) para expressar o tempo de secagem em função da temperatura de secagem, o qual apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,8074.

$$t_s = 39,5805 e^{74,8546/T} \quad (14)$$

onde, t_s = Tempo de secagem, em min; T = Temperatura de secagem, em °C.

Na Figura 5 é possível visualizar o tempo de secagem em função da temperatura do ar de secagem.

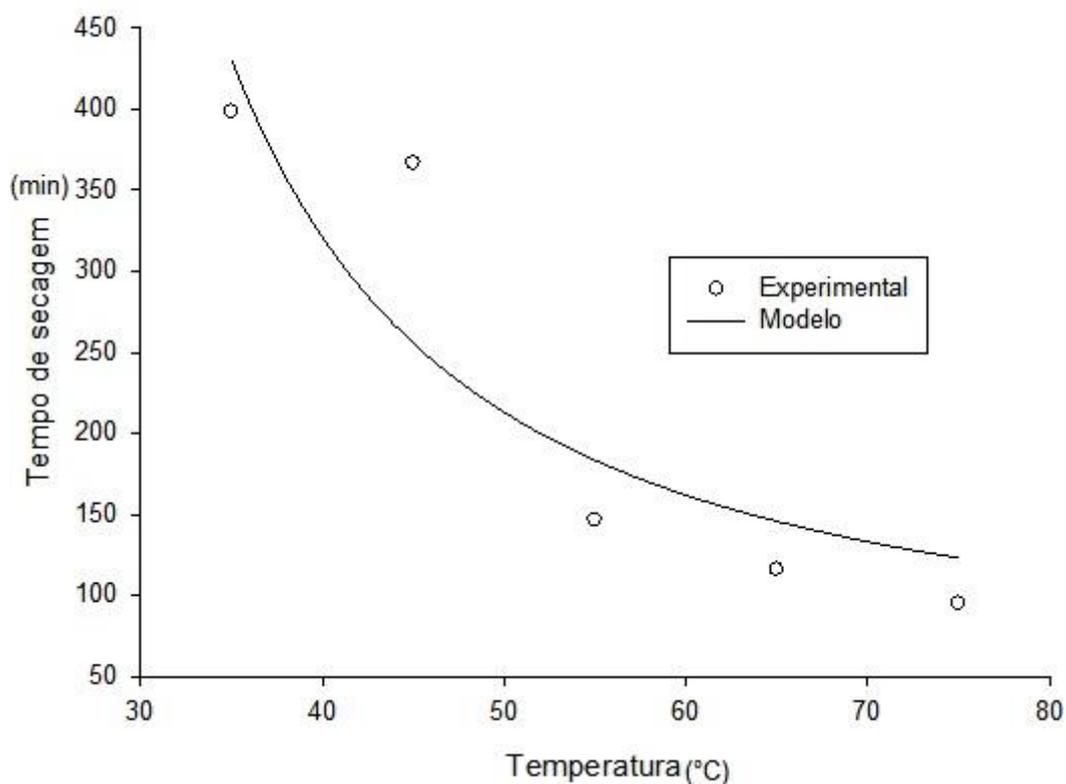


Figura 5 – Tempo de secagem em função da temperatura do ar.

É possível perceber na Figura 5 que, à medida que aumenta a temperatura do ar, o tempo de secagem tende a diminuir. Isto está relacionado, principalmente à umidade relativa do ar (UR), pois com o aumento da temperatura diminui-se a UR e há maior perda de água do alimento para o ambiente (MUJUMDAR, 2014).

Análises tecnológicas

O fator temperatura de secagem (T) só influenciou de maneira significativa ($p < 0,05$), pelo teste F, nas características de tempo de cozimento (t_c) das massas alimentícias. Desta forma, a partir dos valores de tempos de cozimento para as diferentes temperaturas de secagem, ajustou-se o seguinte modelo (Equação 15) para expressar t_c em função de T, o qual apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9855.

$$t_c = -59,4422 + 3,9854 T - 0,0706 T^2 + 0,0004 T^3 \quad (15)$$

onde,

t_c = Tempo de cozimento, em min

T = Temperatura de secagem, em °C.

Função desejabilidade

Para o processo de otimização, as variáveis tempo de secagem e tempo de cozimento foram minimizadas. Nos cálculos da desejabilidade individual, o valor alvo (T) considerado foi o valor mínimo estimado para as variáveis respostas pelos modelos ajustados dentro do intervalo de temperatura de secagem estudado e o limite superior admissível (U) foi o valor máximo estimado dentro do mesmo intervalo (Tabela 2).

Tabela 2 – Valor alvo considerado e limite superior admissível para tempo de cozimento e de secagem.

	T	U
Tempo de secagem	107,3826	335,9762
Tempo de cozimento	10,3446	13,3106

Legenda: T – valor alvo; U – limite superior.

A Figura 6 apresenta os resultados da desejabilidade global. A desejabilidade máxima é igual a 0,9888, a qual ocorre na temperatura de 72,01°C.

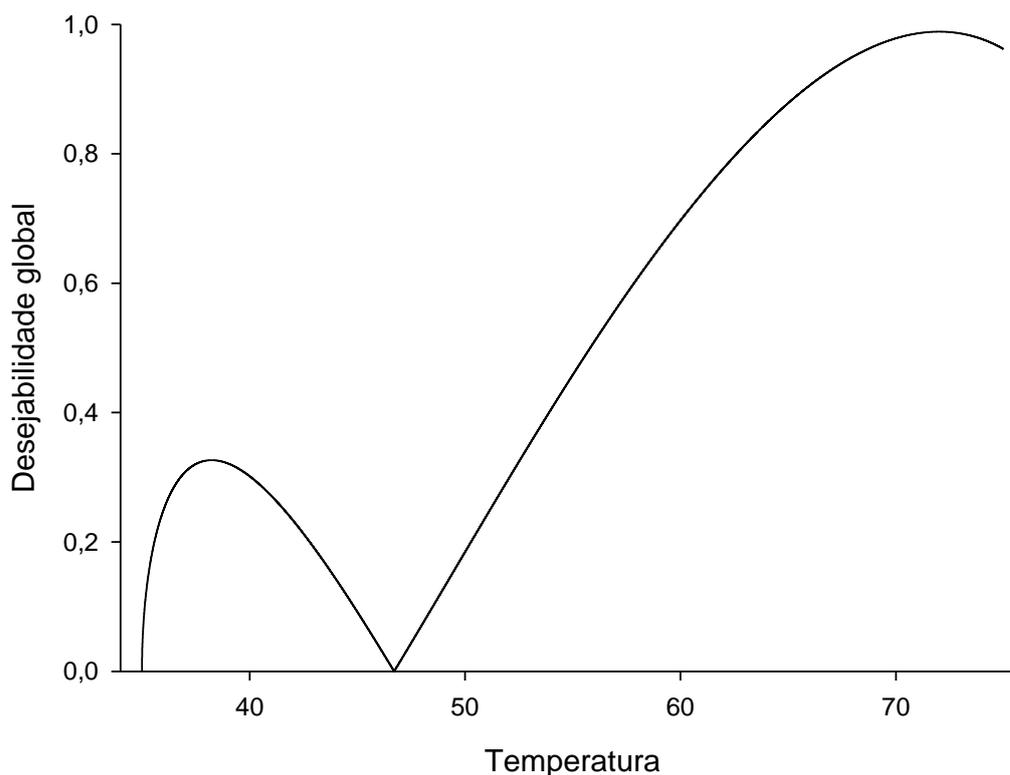


Figura 6 – Gráfico de Desejabilidade global em função da temperatura.

Darvishi, Farhudi e Behrooz-khazaei (2020) avaliaram o efeito da temperatura do ar de secagem e outros parâmetros de *savory leaves* (erva popular na cozinha italiana) nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C buscando um menor tempo de secagem para uma menor perda de qualidade do produto. Utilizando a função desejabilidade verificou-se que a temperatura de 40°C era a ideal.

Cagliari (2017) também utilizou a função desejabilidade para determinar a melhor condição de secagem de folhas de oliveira. Seus resultados mostraram que a temperatura do ar ideal era de 54,4 °C.

Vimercati (2018) comenta em seu estudo que, por função desejabilidade, foi possível determinar a temperatura ótima de secagem de massas alimentícias. Verificou-se que a condição de maior desejabilidade foi a temperatura de 52°C, ressaltando portanto a importância de estudar a temperatura ótima para cada tipo de massa alimentícia.

5.7.2 Etapa 2

Considerando os resultados da etapa 1, onde a temperatura ideal de secagem em secador convectivo de ar quente foi de 72,01 °C, as amostras da condição A2 foram secas e realizadas as análises. A Tabela 3 mostra o comportamento das condições A1, A2 e A3 ao longo do tempo de vida útil (6 meses).

Tabela 3 – Análise de Variância (ANOVA) das análises físico-químicas, tecnológicas e de cor das massas alimentícias das condições A1, A2 e A3.

Variável	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Umidade	Condição (A)	2	11,625	5,813	18,396*	0,000221
	Tempo (T)	1	0,410	0,410	1,296 ^{ns}	0,277152
	A x T	2	1,728	0,864	2,734 ^{ns}	0,105096
	Resíduo	12	3,792	0,316		
Tempo de cozimento	Condição (A)	2	4,860	2,430	72,69*	0,000000
	Tempo (T)	1	0,198	0,198	5,94*	0,031368
	A x T	2	0,375	0,187	5,61*	0,019098
	Resíduo	12	0,401	0,033		
Absorção de água	Condição (A)	2	19839	9919	519,21*	0,000000
	Tempo (T)	1	31	31	1,63 ^{ns}	0,225499
	A x T	2	437	219	11,44*	0,001659
	Resíduo	12	229	19		
Expansão de volume	Condição (A)	2	5039	2519	21,34*	0,000112
	Tempo (T)	1	35	35	0,30 ^{ns}	0,596700
	A x T	2	10	5	0,04 ^{ns}	0,959772
	Resíduo	12	1417	118		
Perda de sólidos solúveis	Condição (A)	2	15,5029	7,7515	15,233*	0,000509
	Tempo (T)	1	42,0781	42,0781	82,693*	0,000001
	A x T	2	1,3583	0,6791	1,335 ^{ns}	0,299654
	Resíduo	12	545,05	1,35		
Delta E	Condição (A)	2	18,1365	9,0683	2,7992 ^{ns}	0,074140
	Tempo (T)	5	15,5981	3,1196	0,9630 ^{ns}	0,453267
	A x T	10	57,4504	5,7450	1,7734 ^{ns}	0,101725
	Resíduo	36	116,6241	3,2396		

Legenda: *: Significativo ($p < 0,05$); ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 4 – Teste de médias das análises físico-químicas e tecnológicas das massas alimentícias.

		A1	A2	A3	Média
Umidade	T1	12,809	12,153	13,668	12,877
	T2	12,293	12,591	14,651	13,178
	Média	12,551A	12,372A	14,159B	
Tempo de cozimento	T1	9,1400aA	10,2500aB	9,4167aA	9,6022
	T2	9,5833aA	10,6330aB	9,2200aA	9,8122
	Média	9,3617	10,4420	9,3183	
Absorção de água	T1	278,95aA	262,94aB	212,60aC	251,50
	T2	285,85aA	264,35aB	196,39bC	248,86
	Média	282,40	263,65	204,49	
Expansão de volume	T1	267,41	235,19	273,64	258,74
	T2	268,15	238,66	277,78	261,53
	Média	267,78A	236,92B	275,71A	
Perda de sólidos solúveis	T1	3,3795	4,1613	5,0310	4,1906a
	T2	5,6633	7,5480	8,5342	7,2485b
	Média	4,5214A	5,8547B	6,7826B	

Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste t ($p > 0,05$); Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com as Tabelas 3 e 4 as condições apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$), sendo a condição A3 de maior umidade. De acordo com a RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000 da ANVISA (BRASIL, 2000), as condições A1 e A2 apresentam-se em conformidade com a legislação, porém as amostras da condição A3 estão fora do proposto. Essa não conformidade pode representar um problema microbiológico para o produto, uma vez que um grande percentual de água pode torná-lo instável diminuindo a sua vida de útil.

Em relação ao tempo de cozimento houve diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste F, na interação. No entanto, como apresentado na Tabela 4, para o teste t, não houve diferença nas condições em relação ao tempo. A condição A2, por sua vez, obteve o maior tempo de cozimento no tempo 1 e no tempo 2, quando comparado às outras condições.

O tempo de cozimento pode ser influenciado por vários fatores a depender do tipo de massa alimentícia. Em seu processamento, além da composição (ROMERO, ZHANG, 2019) a temperatura de secagem está intimamente

relacionada às modificações estruturais e químicas do produto. Segundo BRAIBANTI e C.S.P.A (1980) quando as massas são secas a altas temperaturas em tempo suficiente, ocorre a coagulação parcial do glúten e, durante o processo de cozimento, o amido gelatinizado permanece envolvido pelo retículo proteico não dispersando na fase aquosa e, conseqüentemente, não deixando a massa gomosa. Além disso diminui a perda de sólidos solúveis (ORMENESE, et al. 1998).

Nas análises de absorção de água, condição e interação foram significativos ($p < 0,05$) (Tabela 3). Conforme a Tabela 4 a amostra A3 apresentou diferença em relação ao tempo, enquanto A1 e A2 mantiveram-se estáveis. Além disso a amostra A3 apresentou menores absorções de água nos tempos 1 e 2. A amostra A1 portanto obteve os melhores valores para absorção de água tanto com o passar do tempo de armazenamento, quanto em relação às outras amostras. De acordo com Casagrandi et al. (1999), todas as amostras estão adequadas a absorção de água, uma vez que aumentaram, aproximadamente, duas vezes o peso original ($\pm 200\%$).

Em relação à expansão de volume não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a interação e para o fator tempo, porém houve diferença para condição ($p < 0,05$) (Tabela 3). É possível observar na Tabela 4 que as condições A1 e A3 não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) obtendo os maiores valores de expansão de volume.

De acordo com Hummel (1966) o aumento do volume de massas alimentícias situa-se entre 200 e 300%, dados que corroboram com os resultados encontrados.

De acordo com a Tabela 3, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em perda de sólidos solúveis para os fatores condição e tempo. É possível observar na Tabela 4 que a condição A1 obteve o menor percentual de perda de sólidos, diferindo significativamente ($p < 0,05$) das condições A2 e A3, e houve um aumento de perda de sólidos no tempo 2, com relação ao tempo 1. A diferença em relação as condições pode ter sido influenciada por outras análises. A condição A2 apresentou o maior tempo de cozimento e, coincidentemente maior perda de sólidos solúveis junto à A3. Considerando o maior tempo de contato com a água de cozimento, pode-se elevar a perda de sólidos para o meio aquoso.

Observando a Tabela 3, a análise de variação de cor (ΔE) não foi significativa ($p > 0,05$) em nenhum dos fatores, portanto não houve desdobramento. Este fato é interessante uma vez que não houve variação significativa entre as amostras em relação ao tempo de vida útil para um dos fatores de maior importância quando se diz respeito à qualidade das massas alimentícias observados pelo consumidor.

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados das análises sensoriais nos tempos 0 e 180 dias ou seja, no início e no final da vida útil.

Tabela 5 – Análise de Variância (ANOVA) dos parâmetros de análise sensorial (aceitação e intenção de compra) das condições A1, A2 e A3 das massas alimentícias.

Variável	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Aparência	Condição (A)	2	64,39	32,20	20,29*	0,000000
	Tempo (T)	1	23,27	23,27	14,66*	0,000149
	A x T	2	0,49	0,25	0,15 ^{ns}	0,856481
	Julgador	81	376,41	4,65	2,93*	0,000000
	Resíduo	405	642,68	1,59		
Aroma	Condição (A)	2	1,05	0,53	0,43 ^{ns}	0,651019
	Tempo (T)	1	14,34	14,34	11,71*	0,000686
	A x T	2	3,74	1,87	1,53 ^{ns}	0,218237
	Julgador	81	467,83	5,78	4,71*	0,000000
	Resíduo	405	496,20	1,23		
Sabor	Condição (A)	2	5,67	2,84	1,48 ^{ns}	0,229735
	Tempo (T)	1	58,05	58,05	30,20*	0,000000
	A x T	2	8,65	4,33	2,25 ^{ns}	0,106691
	Julgador	81	503,82	6,22	3,24*	0,000000
	Resíduo	405	778,46	1,92		
Textura	Condição (A)	2	51,67	25,84	15,46*	0,000000
	Tempo (T)	1	21,15	21,15	12,66*	0,000419
	A x T	2	22,77	11,38	6,81*	0,001230
	Julgador	81	575,37	7,10	4,25*	0,000000
	Resíduo	405	676,75	1,67		
Impressão Global	Condição (A)	2	18,96	9,48	7,04*	0,000985
	Tempo (T)	1	27,82	27,82	20,67*	0,000007
	A x T	2	8,67	4,34	3,22*	0,040924
	Julgador	81	370,74	4,58	3,40*	0,000000
	Resíduo	405	545,05	1,35		
Intenção de compra	Condição (A)	2	11,248	5,624	9,00*	0,000150
	Tempo (T)	1	16,831	16,831	26,93*	0,000000
	A x T	2	1,004	0,502	0,80 ^{ns}	0,448523
	Julgador	81	154,783	1,911	3,06*	0,000000
	Resíduo	405	253,083	0,625		

Legenda: *: Significativo ($p < 0,05$); ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$)

Tabela 6 – Teste de Tukey dos parâmetros de análise sensorial (aceitação e intenção de compra) das condições A1, A2 e A3 nos tempos T1 e T2.

Aparência		A1	A2	A3	Média
	T1	7,4268	6,5000	7,1829	7,0366a
T2	7,8171	7,0244	7,5732	7,4715b	
Média	7,6220A	6,7622B	7,3780A		
Aroma		A1	A2	A3	Média
	T1	6,8902	6,8780	7,0732	6,9472a
T2	7,4390	7,2317	7,1951	7,2886b	
Média	7,1646A	7,0549A	7,1341A		
Sabor		A1	A2	A3	Média
	T1	6,5488	6,4390	6,9024	6,6301a
T2	7,5122	7,2073	7,2317	7,3171b	
Média	7,0305A	6,8232A	7,0671A		
Textura		A1	A2	A3	Média
	T1	7,2317aA	6,0976aB	6,9756aA	6,7683
T2	7,5366aA	7,0854bAB	6,9268aB	7,1829	
Média	7,3841	6,5915	6,9512		
Impressão Global		A1	A2	A3	Média
	T1	7,0122aA	6,4634aB	7,0732aA	6,8496
T2	7,5976bA	7,1951bA	7,1829aA	7,3252	
Média	7,3049	6,8293	7,1280		
Intenção de compra		A1	A2	A3	Média
	T1	3,5854	3,2439	3,5854	3,4715a
T2	4,0366	3,6585	3,8293	3,8415b	
Média	3,8110A	3,4512B	3,7073A		

Legenda: A1 – Condição A1; A2 – Condição A2; A3 – Condição A3; T1 – 0 dias; T2 – 180 dias. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna, dentro de cada atributo, não diferem entre si pelo teste t ($p > 0,05$); Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 6 os atributos aparência, aroma, sabor e intenção de compra apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao tempo para todas as condições. Este resultado é interessante uma vez que, com o passar do tempo de vida útil os *scores* aumentaram, atribuindo assim uma melhora na qualidade sensorial das amostras nas condições estudadas para esses atributos.

Ainda em relação ao passar do tempo, o atributo textura apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), com aumento de *score*, na condição A2. Foi notado também pelos avaliadores uma melhora da impressão global para as condições A1 e A2.

Essa melhora de qualidade com o passar do tempo sugere que as amostras nas condições estudadas tiveram resultados promissores e que, por meio do estudo sensorial, é possível aumentar a vida útil das massas alimentícias.

De uma maneira geral a condição A1 não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) em relação à condição A3 para os atributos aparência, aroma, sabor, textura (em T1), impressão global e intenção de compra. O atributo textura apresentou diferença significativa ($p<0,05$) entre A1 e A3 no T2, no entanto essa diferença apresenta-se com uma pontuação melhor para A1.

Considerando portanto a condição A1 como sendo amostras oriundas da secagem combinada utilizando secador convectivo e micro-ondas e a condição A3 àquelas amostras oriundas da agroindústria, a condição A1 demonstra equiparidade sensorial, ou seja, a tecnologia proposta e mais distante do que é feito na agroindústria apresentou resultados sensoriais promissores e que não se distanciaram de um produto já inserido no mercado nas condições agroindustriais.

Em textura a condição A1, além de não apresentar diferença significativa ($p>0,05$) em relação a A3 no tempo 1 (T1) também não apresentou diferença no tempo 2 (T2) em relação a A2. Ou seja, a condição A2 apresentou diferença significativa com *score* menor em relação a A1 e A3 no T1, no entanto no T2 não diferiu de A1 e nem de A3. Pode-se dizer então que houve um aumento de qualidade com o passar do tempo.

A textura dos produtos alimentícios é uma das características de maior importância para o consumidor. No caso das massas alimentícias, não é diferente. A textura das massas secas é influenciada pelas condições de secagem e de armazenamento, além disso, a qualidade de cozimento influencia de maneira direta à qualidade sensorial (FRADINHO, et al. 2020; GULER, KOKSEL, NG, 2002).

Chusak et al. (2020) comentam que a avaliação sensorial é uma das análises mais importantes para massas alimentícias. Em seus resultados eles puderam mostrar, ao avaliar massas com adição de fruta gac, o quanto os atributos de aceitação são importantes para o desenvolvimento de novos produtos.

Cabe ressaltar que as análises sensoriais só foram realizadas considerando que as análises para Coliformes (45 °C) foram negativas nos dois tempos de vida útil (0 dias e 180 dias).

Na Figura 6 está apresentado a contagem de fungos das massas alimentícias. Nota-se que os tempos 120 e 180 dias obtiveram as maiores médias de contagem para as três condições. Isto pode ser explicado observando a Figura 7, onde os dados de atividade de água trazem o mesmo aumento repentino. Com o aumento da atividade de água, o meio tornou-se favorável para esses micro-organismos.

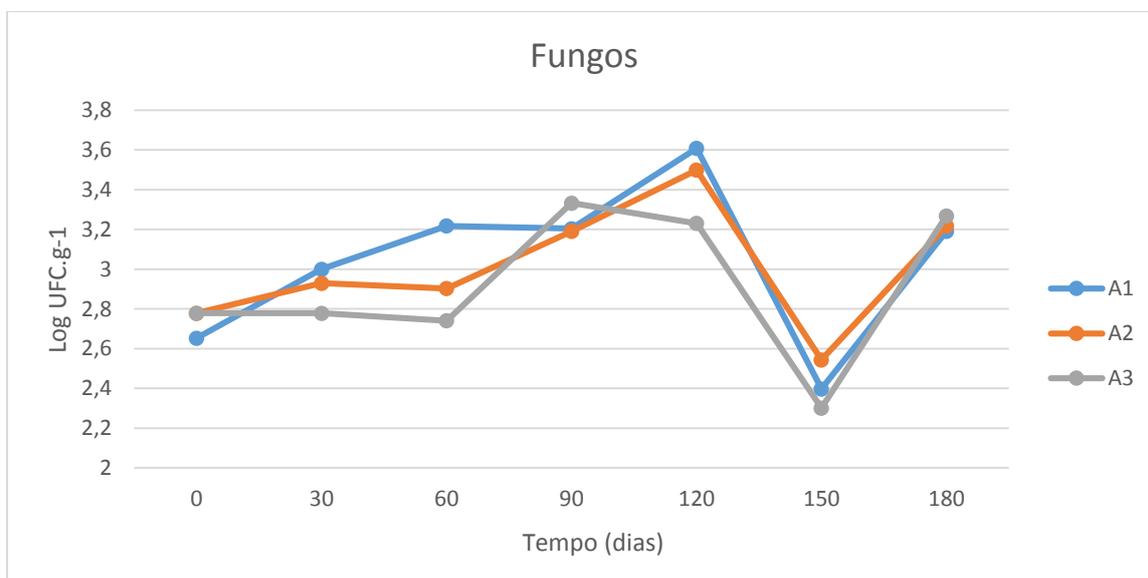


Figura 6 – Contagem de fungos das amostras nas condições A1, A2 e A3 nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

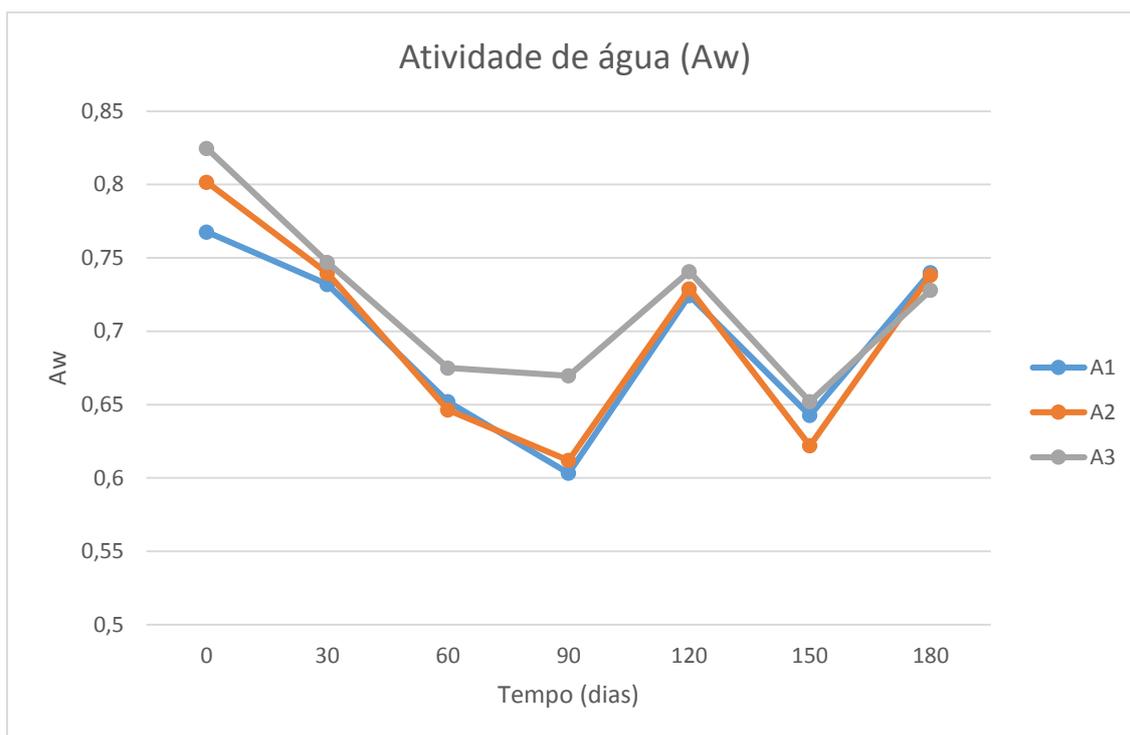


Figura 7 – Curva de atividade de água (Aw) das amostras nas condições A1, A2 e A3 nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Entretanto, este aumento repentino da atividade de água está associado aos períodos de chuva nos dias das análises, oscilando para períodos mais secos (150 dias). De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) no mês de outubro (referente ao tempo 120 dias) a Umidade Relativa do ar apresentou valores altíssimos nos dias das análises, ficando entre 90 e 98%.

Percebe-se, portanto, que a condição A3 possuiu um maior aumento de atividade de água, do que as outras amostras. Isto pode estar relacionado às análises de umidade, onde esta amostra foi a única que não estava em conformidade com a legislação (BRASIL, 2000).

5.8 Conclusão

Este trabalho mostrou a importância de se estudar métodos de obtenção e de controle de parâmetros de qualidade de massas alimentícias para fornecer às empresas e ao consumidor um produto com potencial mercadológico e aceito sensorialmente.

Além disso, vale ressaltar que as três condições estudadas mostram-se promissoras na obtenção de massas alimentícias de qualidade, no entanto há

necessidade de maior controle de umidade inicial, principalmente no que diz respeito a condição A3.

A maioria dos parâmetros sensoriais mostraram melhora com o passar do tempo, o que é ótimo, considerando as análises sensoriais como a representação do que o consumidor espera por um produto de qualidade.

Referências bibliográficas

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**. 8. ed. Saint Paul, 1995.

ABIMAPI. Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-massas.php>>. Acesso em: 30, dez. 2019.

ARAÚJO, C. da S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, S. H.; OLIVEIRA, A. do N.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1–9, 2017.

BRAIBANTI e C.S.P.A. New developments in pasta drying technology. **The Macaroni Journal**, v. 61, n. 12, p. 48-50, 1980.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000**. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de Identidade e qualidade de massas alimentícias. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2000/93_00rdc.htmF>. Acesso em: 30, dez. 2019.

BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science** - Chicago, v. 64, n. 1, p. 171-174, 1999.

CAGLIARI, A. **Influência da secagem convectiva em leito fixo sobre as propriedades da folha de oliveira (*olea europaea* L.)**. 2017. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Pampa, Bagé. 2017.

CANER, C.; ADAY, M. S. Maintaining quality of fresh strawberries through

various modified atmosphere packaging. **Packaging Technology and Science**, v. 22, n. 2, p. 115–122, 2009.

CASAGRANDE, D. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SALGADO, J. M.; PIZZINATO, A.; NOVAES, N. J. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 137–143, 1999.

CHUSAK, C.; CHANBUNYAWAT, P.; CHUMNUMDUANG, P.; CHANTARASINLAPIN, P.; SUANTAWEE, T.; ADISAKWATTANA, S. Effect of gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) powder on in vitro starch digestibility, nutritional quality, textural and sensory characteristics of pasta. **LWT- Food Science and Technology**, v. 118, 2020.

D'AMICO, S.; MASCHLE, J.; JEKLE, M.; TOMOSKOZI, S.; LANGÓ, B.; SHOENLECHNER, R. Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 391-399, 2015.

DARVISHI, H.; FARHUDI, Z.; BEHROOZI-KHAZAEI, N. Multi-objective optimization of savory leaves drying in continuous infrared-hot air dryer by response surface methodology and desirability function. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 168, p.105-112, 2020.

FRADINHO, P.; NICCOLAI, A.; SOARES, R.; RODOLFI, L.; BIONDI, N.; TREDICI, M. R.; SOUSA, I.; RAYMUNDO, A. Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. **Algal Research**, v. 45, 2020.

GUERREIRO, L. **Dossiê técnico de massas alimentícias**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. 39p.

GULER, S.; KOKSEL, H.; NG, P. K. W. Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. **Food Research International**, v. 35, p. 421-427, 2002.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAS, H.; MASKAN, M. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. **Food Chemistry**, v. 230, p. 295-305, 2017.

HRUŠKOVÁ, M.; ŠVEC, I.; SEKEROVÁ, H. Colour analysis and discrimination of laboratory prepared pasta by means of spectroscopic methods. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 4, p. 346–353, 2011.

HUMMEL, C. **Macaroni products**: manufacture, processing and packing. 2.ed. London: Food Trade, 1966. 287p

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1000p.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/>>, Acesso em: 30 de dez de 2019.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. Ed. Editora: Artmed. 2005, 712p.

MINGUITA, A. P. S.; CARVALHO, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; GALDEANO, M. C. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, 2015.

MINGUITA, A. P. S.; CARVALHO, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; GALDEANO, M. C. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, 2015.

MUJUMDAR, A. **Handbook of industrial drying**. Boca Raton: CRC Press, 4 ed. 2014. 1348p.

ORMENESE, R. C. S.; LEITÃO, R. F. F.; SILVEIRA, N. F. A.; BALDINI, V. L. S. Influência da secagem a alta temperatura nas características das massas com ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, 1998.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 308p.

ROMERO, H. M.; ZHANG, Y. Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 1, 2019.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4 ed. São Paulo: Editora Varela. 2010. 624p.

SIMONATO, B.; CURIONI, A.; PASINI, G. Digestibility of pasta made with three wheat types: A preliminary study. **Food Chemistry**, v. 174, p. 219-225, 2015.

VIMERCATI, W. C. **Elaboração, cinética de secagem e caracterização físico-química e tecnológica de massas alimentícias**. 111f. Dissertação de mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Espírito Santo – Alegre, ES. 2018.

WROLSTAD, R. E.; SMITH, D. E. Color analysis. In: NIELSEN, S. S. (Ed.). **Food Analysis**, 4 ed. New York: Springer, p. 573–586, 2010.