



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

EMANUELLY ZANOTTI HOFFMAN PEIXOTO

**OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PROCESSO DE SECAGEM DA POLPA DO
MAMÃO FORMOSA (*CARICA PAPAYA L.*) EM LEITO DE ESPUMA E LEITO FIXO
PARA PRODUÇÃO DE FARINHA**

**ALEGRE – ES
JULHO – 2020**

EMANUELLY ZANOTTI HOFFMAN PEIXOTO

**OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PROCESSO DE SECAGEM DA POLPA DO
MAMÃO FORMOSA (*CARICA PAPAYA L.*) EM LEITO DE ESPUMA E LEITO FIXO
PARA PRODUÇÃO DE FARINHA**

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: Sérgio Henriques Saraiva
Coorientador: Luciano José Quintão Teixeira
Coorientadora: Daniela da Silva Oliveira

ALEGRE – ES
JULHO – 2020

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

P377o Peixoto, Emanuely Zanotti Hoffman, 1996-
Otimização das condições do processo de secagem da polpa do mamão formosa (*Carica Papaya L.*) em leito de espuma e leito fixo para produção de farinha / Emanuely Zanotti Hoffman Peixoto. - 2020.
106 f.

Orientador: Sérgio Henriques Saraiva.

Coorientadores: Daniela da Silva Oliveira, Luciano José Quintão Teixeira.

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

1. Carica papaya. 2. Alimentos - Desidratação. 3. Antioxidantes. I. Saraiva, Sérgio Henriques. II. Oliveira, Daniela da Silva. III. Teixeira, Luciano José Quintão. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

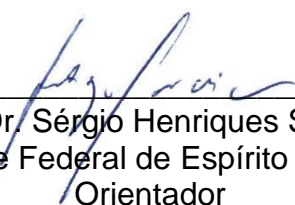
CDU: 664

EMANUELLY ZANOTTI HOFFMAN PEIXOTO

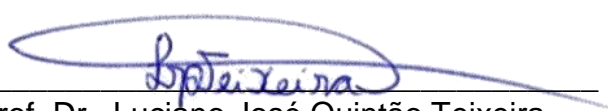
**“ OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PROCESSO DE SECAGEM DA
POLPA DO MAMÃO FORMOSA (*Carica Papaya* L.) EM LEITO DE
ESPUMA E LEITO FIXO PARA PRODUÇÃO DE FARINHA ”**

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 28 de julho de 2020.



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



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



Profª. Drª. Daniela da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Examinadora Externa

À minha mãe, Valentina Zanotti, por demonstrar que com
muito trabalho, amor e dedicação tudo é possível,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus que foi e é meu sustento para cada dia poder realizar todos meus objetivos. Toda honra e glória a ti senhor.

Aos meus pais Valentina Zanotti e Von Rommel Hoffman por todo suporte e incentivo. Em especial a minha mãe por não medir esforços para me ver bem e por todo amor, sem dúvidas você sempre foi fundamental em todas as etapas da minha vida.

Ao meu irmãozinho Gabriel e afilhados Bernardo e Breno, o amor puro de criança me fazia esquecer de qualquer dificuldade, sem saberem muitas vezes esse amor me incentivou em momentos de desânimo.

À todos da minha família Zanotti que contribuíram de alguma forma, em especial às minhas primas Débora, Vanessa, Jéssica e primo Murilo. À minha tia Bernadeth, madrinha Márcia, padrinho Nilson e Ivanete Francischetto por terem sido fundamentais para que eu vencesse essa etapa.

Aos amigos que fizeram diferença para que eu percorresse esse caminho com mais facilidade. À todos meus colegas do mestrado (Ionara, Anamares, Laudiane), em especial aos amigos Carol, Barbara e Magno que estiveram sempre comigo, me deram suporte técnico e principalmente emocional. À Handara e Letícia por estarem comigo durante esses dois anos me ajudando e se preocupando com minhas madrugadas de laboratório. Ao Joilson pelo auxílio e esforço no laboratório.

Ao meu namorado Thiago Bazoni por todo carinho e força nessa fase final, seu amor transformou toda turbulência em calma, me ajudando a concluir essa fase da minha vida.

Ao meu orientador Sérgio Henrique Saraiva por toda paciência, ensinamentos, compreensão e atenção. Feliz das pessoas que tem a oportunidade de ter um orientador como você. Muito obrigada por tudo.

À professora Daniela Oliveira por todo carinho e atenção, não conseguiria ver este trabalho sem sua participação, foi fundamental.

Ao professor Luciano José Quintão pelos auxílios, sugestões e disponibilidade.

Ao engenheiro químico Renan Carlos Freitas de Lima por todo suporte e auxílio na estatística do trabalho.

À Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e professores pela oportunidade de realizar esse trabalho.

À todos os funcionários dos laboratórios de pesquisa e do PCTA.

À FAPES/CAPES pela concessão da bolsa durante esses dois anos de curso.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram durante este trabalho.

Muito obrigada!

“Por isso não tema, pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; Eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa”

Isaías 41:10.

BIOGRAFIA

Emanuelly Zanotti Hoffman Peixoto, filha de Valentina Zanotti e Von Hommel Hoffman Peixoto, nasceu em São Gabriel da Palha, Espírito Santo, em 24 de outubro de 1996.

Em abril de 2014, ingressou no curso de Nutrição na Universidade Federal do Espírito Santo *campus* Alegre, colando grau em julho de 2018. Em agosto do mesmo ano iniciou o curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, nível mestrado na Universidade Federal do Espírito Santo *campus* Alegre. Em março de 2019 iniciou o curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* em Nutrição Esportiva Funcional pelo Instituto Valorize.

Em julho de 2020, submeteu-se à defesa da dissertação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Mamão	4
3.1.1 Origem e características gerais	4
3.1.2 Produção e importância econômica.....	6
3.1.3 Aspectos nutricionais	8
3.1.4. Desperdício do mamão.....	12
3.2 Secagem.....	12
3.2.1 Leito de espuma	14
3.2.2 Leito fixo	15
3.3 Farinhas	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Matéria prima	18
4.2. 1ª etapa: Otimização das concentrações dos agentes espumantes	19
4.2.1 Planejamento experimental	20
4.2.2. Produção das espumas	20
4.2.3. Massa específica da espuma	21
4.2.4 Secagem das espumas e produção das farinhas	21
4.2.5. Análises das farinhas.....	23
4.2.6. Função desejabilidade e otimização dos agentes	26
4.3. 2ª etapa: Secagem em leito de espuma após otimização dos agentes espumantes	27
4.4. 3ª etapa: Secagem em leito fixo.....	28
4.5. Comparação entre os dois métodos de secagem	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 Influência das concentrações dos agentes espumantes para o processo de secagem do mamão em leito de espuma	30
5.1.1 Massa específica	31
5.1.2 Atividade de água	32
5.1.3 Umidade	33

5.1.4 Tempo de Molhabilidade.....	34
5.1.5 Solubilidade	35
5.1.6 Carotenoides totais.....	35
5.1.7 Curva e tempo de secagem do mamão em leite de espuma.....	36
5.1.8 Otimização das concentrações dos agentes espumantes através da função desejabilidade.....	39
5.1.9 Características físico-químicas das farinhas.....	41
5.2 Influência da temperatura de secagem do mamão em leite de espuma utilizando as concentrações dos agentes espumantes já otimizadas	47
5.2.1 Atividade de água	48
5.2.2 Umidade	49
5.2.3 Tempo de Molhabilidade.....	50
5.2.4 Solubilidade e Carotenoides.....	50
5.2.5 Curvas e tempo de secagem.....	51
5.2.6 Otimização da temperatura.....	55
5.2.7 Características físico-química das farinhas	56
5.3 Influência da temperatura de secagem do mamão em leite fixo.....	61
5.3.1 Atividade de água	62
5.3.2 Umidade	63
5.3.3 Tempo de Molhabilidade.....	64
5.3.4 Carotenoides	65
5.3.5 Solubilidade	66
5.3.6 Curvas e tempo de secagem.....	67
5.3.7 Otimização da temperatura.....	70
5.3.8 Características físico-química das farinhas	71
5.4 Comparação entre a secagem de mamão formosa em leite de espuma e leite fixo	76
5.4.1 Carotenoide e vitamina A das farinhas	76
5.4.2 Processo de secagem otimizado	76
6. CONCLUSÕES	78
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

RESUMO

PEIXOTO, Emanuely Zanotti Hoffman. **Otimização das condições do processo de secagem da polpa do mamão formosa (*Carica papaya* L.) em leito de espuma e leito fixo para produção de farinha.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva. Coorientador (es): Prof^a. Dr^a. Daniela da Silva Oliveira e Prof. Dr Luciano José Quintão Teixeira.

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto muito perecível rico em compostos antioxidantes. Seu desperdício é elevado gerando perdas econômicas e prejuízos ambientais. O objetivo do presente estudo foi otimizar os processos de secagem em leito de espuma e em leito fixo do mamão, e comparar ambos os processos. Inicialmente foram otimizadas as concentrações dos agentes espumantes maltodextrina e Emustab®. Foi utilizado o delineamento composto central rotacional (DCCR), com as concentrações dos agentes variando de 0 a 5%, avaliando a influência desses fatores sobre as variáveis: massa específica da espuma formada atividade de água, umidade, solubilidade, tempo de secagem, tempo de molhabilidade e carotenoides totais das farinhas. Foi determinada as características físico-químicas nas farinhas. Para otimização simultânea das variáveis respostas foi utilizada a função desejabilidade. Na segunda etapa da pesquisa foi otimizada a temperatura de secagem da espuma mantendo a condição ótima determinada na primeira etapa, e variando a temperatura de secagem (40, 50, 60, 70 e 80°C). A terceira etapa consistiu na secagem do mamão em secador de leito fixo com variação da temperatura de secagem (40, 50, 60, 70 e 80°C), e as variáveis respostas foram analisadas pela função desejabilidade para determinar a melhor temperatura de secagem. Na primeira etapa constatou-se que houve influência significativa ($p < 0,05$) dos agentes espumantes nas variáveis atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem. As características físico químicas pH, cor e acidez também foram influenciadas significativamente de acordo com a concentração dos agentes. A combinação na farinha obtida de 0,05% de maltodextrina e 2,95% de emustab® obteve maior desejabilidade global (0,8840) por apresentarem as características mais desejáveis (minimização da umidade, atividade de água, tempo de secagem e tempo de molhabilidade). As diferentes temperaturas de secagens em leito de espuma influenciaram significativamente nas variáveis: atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem. As características físico-químicas acidez, cor e pH também foram influenciados pela temperatura. A temperatura de 80°C foi determinada como a melhor para o processo de secagem em leito de espuma para produção de farinha de mamão por apresentar características mais satisfatórias (valores mínimos de atividade de água, umidade, tempo de secagem e tempo de molhabilidade). Na secagem de leito fixo as diferentes temperaturas influenciaram significativamente ($p < 0,05$) as variáveis: atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade, tempo de secagem, solubilidade e carotenoides totais. As características físico-químicas cor e pH foram influenciados pela temperatura. A temperatura de 65,25 °C foi determinada como a melhor para o processo de secagem em leito fixo para produção de farinha de mamão por apresentar características mais satisfatórias (ponto ótimo entre a minimização da atividade de água, umidade, tempo

de molhabilidade, tempo de secagem e maximização da solubilidade e teor de carotenoide). Conclui-se que os dois métodos resultam em variáveis com respostas satisfatórias porém quando comparado os dois métodos, o leite de espuma se destaca por apresentar valores mais expressivos (valores reduzidos de umidade, atividade de água, tempo de secagem, tempo de molhabilidade e valores maiores de solubilidade e teor de carotenoide). A otimização dos dois processos de secagem foi de grande relevância pois além de determinar as condições ótimas para os processos, permitiu produzir farinhas com características tecnológicas satisfatórias e que podem ser aplicadas em formulações alimentícia com intuito de agregar valor nutricional e funcional, uma vez que a farinha de mamão possui concentrações consideráveis de carotenoides provitamina A.

Palavras-chave: otimização de processos, desejabilidade, mamão, secagem.

ABSTRACT

PEIXOTO, Emanuely Zanutti Hoffman. **Optimization of the conditions of the drying process of papaya formosa pulp (carica papaya L.) in foam bed and fixed bed for flour production.** 2020. Dissertation (Master in Food Science and Technology) - Federal University of Espírito Santo, Alegre - ES. Advisor: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva. Co-supervisor (s): Prof.^a Dr.^a. Daniela da Silva Oliveira and Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira.

Papaya (*Carica papaya* L.) is a very perishable fruit rich in antioxidant compounds. Its waste is high, generating economic losses and environmental losses. The objective of the present study was to optimize the drying processes in the foam bed and in the fixed bed of papaya, and to compare both processes. Initially, the concentrations of the foaming agents maltodextrin and Emustab® were optimized. The central rotational composite design (DCCR) was used, with the concentrations of the agents varying from 0 to 5%, evaluating the influence of these factors on the variables: specific mass of the foam formed, water activity, humidity, solubility, drying time, time wettability and total carotenoids of the flours. The physical and chemical characteristics of the flours were determined. For simultaneous optimization of the response variables, the desirability function was used. In the second stage of the research, the drying temperature of the foam was optimized, maintaining the optimum condition determined in the first stage, and varying the drying temperature (40, 50, 60, 70 and 80 ° C). The third step consisted of drying the papaya in a fixed bed dryer with variation in the drying temperature (40, 50, 60, 70 and 80 ° C), and the response variables were analyzed by the desirability function to determine the best drying temperature. In the first stage, it was found that there was a significant influence ($p < 0.05$) of the foaming agents on the variables water activity, humidity, wetting time and drying time. The chemical characteristics of pH, color and acidity were also significantly influenced according to the concentration of the agents. The combination in the flour obtained of 0.05% of maltodextrin and 2.95% of emustab® obtained greater overall desirability (0.8840) for presenting the most desirable characteristics (minimization of humidity, water activity, drying time and drying time). wettability). The different temperatures of foam bed drying influenced significantly the variables: water activity, humidity, wetting time and drying time. The physical-chemical characteristics of acidity, color and pH were also influenced by temperature. The temperature of 80°C was determined as the best for the foam bed drying process for the production of papaya flour, as it presents more satisfactory characteristics (minimum values of water activity, humidity, drying time and wetting time). In fixed bed drying, the different temperatures significantly influenced ($p < 0.05$) the variables: water activity, humidity, wetting time, drying time, solubility and total carotenoids. The physical-chemical characteristics, color and pH were influenced by temperature. The temperature of 65.25 °C was determined as the best for the drying process in fixed bed for the production of papaya flour, as it presents more satisfactory characteristics (optimum point between minimizing water activity, humidity, timewettability, drying time and maximization of solubility and carotenoid content). It is concluded that the two methods result in variables with satisfactory responses, but when comparing the two methods, the foam bed stands out for presenting more expressive values (reduced values of humidity, water activity, drying time, wetting time and values greater solubility and carotenoid content). The optimization of the two

drying processes was of great relevance because in addition to determining the optimum conditions for the processes, it allowed the production of flours with satisfactory technological characteristics and that can be applied in food formulations with the aim of adding nutritional and functional value, since the Papaya flour has considerable concentrations of carotenoids provitamin A.

Keywords: process optimization, desirability, papaya, drying.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya L*) tem sua descoberta descrita por autores que relatam sua origem no sul do México e Nicarágua e outros indicam que foi no noroeste da América do Sul (DANTAS et al., 2000). Foi introduzido no Brasil, na metade do século XX devido ao clima tropical e solo fértil que favorecem seu cultivo (VENTURINI et al., 2012). O Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo, destacando o estado da Bahia e Espírito (IBGE, 2018).

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) o mamão é considerado fonte de ácido ascórbico, fibras, potássio, água, além de outros compostos descritos como carotenoides provitamina A, e compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante (OLIVEIRA et al., 2011). Por ser uma fruta encontrada durante todas as épocas do ano, o mamão é uma excelente fonte natural de compostos antioxidantes para a população brasileira.

O mamão é considerado uma fruta altamente perecível, com um curto tempo de vida pós-colheita gerando desperdícios (MACHADO, 2007). Estima-se desperdício de 25% do mamão após sua colheita devido à perecibilidade do fruto e aos impactos mecânicos durante transporte e manipulação (SEBRAE, 2016). De acordo com a FAO (2017), anualmente o Brasil possui um desperdício de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos equivalendo a bilhões de dólares de prejuízo.

Uma alternativa para reduzir a perda das frutas consiste na redução do teor de umidade das mesmas. A secagem é uma operação que aplica calor em produtos, evaporando parte da água, com a finalidade de reduzir as atividades microbiológicas e enzimáticas do alimento, aumentando a validade e a conservação de seus compostos (COSTA, 2012). De acordo com Goneli e colaboradores (2011) o processo de secagem é considerado um dos mais empregados para manutenção da qualidade de produtos agrícolas, pois reduz a atividade de água no produto minimizando alterações físicas e químicas. Diversos métodos de secagens são realizados com intuito de garantir a qualidade dos produtos, dentre eles destacam-se os métodos de secagem em leito de espuma e secagem em leito fixo.

A secagem em leito de espuma consiste na produção de uma espuma estável do alimento a ser seco por meio da agitação, adicionando emulsificantes se necessário e em seguida a exposição da espuma a uma corrente de ar quente para a

desidratação (FELLOWS, 2006). Este método geralmente resulta em produtos de boa qualidade nutricional e sensorial, preserva a cor e aroma, e pode ser aplicado em diversos alimentos, inclusive os sensíveis ao calor, como as frutas (FERNADES et al., 2014). A secagem em leito fixo consiste em espalhar um alimento sólido em bandejas no interior do secador e ao passar o ar aquecido, ocorre a transferência de calor, e assim retira-se parte da água do alimento garantindo qualidade no produto final (PRADO, 2004).

Inúmeros produtos podem ser elaborados através da secagem com intuito de aumentar a praticidade e agregar valor ao material, dentre esses produtos destacam-se as farinhas. As farinhas provenientes de frutas vêm adquirindo destaque por serem ricas em compostos nutricionais, pela praticidade, por reduzir desperdícios de alimentos muito perecíveis e pela aplicabilidade em diversos produtos como biscoitos, pães, sorvetes, bolos, iogurtes e outros, rendendo produtos com maior valor nutricional (ARAÚJO FILHO et al., 2011). É importante para a indústria de alimentos a possibilidade de produzir coprodutos em pó, pois reduzem alguns custos e apresentam maior facilidade de conservação e aplicação (COSTA et al., 2003).

Os processos de secagem podem ser uma alternativa para produzir a partir do mamão farinhas de alto valor nutricional proporcionando praticidade alimentar, diminuição do desperdício do fruto e utilizá-las como ingredientes em formulações. No desenvolvimento de um processo de secagem, é importante determinar as condições ótimas, bem como verificar qual dos métodos de secagens avaliados é o mais viável para a matéria-prima em estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar as condições ótimas de secagem do mamão formosa (*Carica papaya* L.) em leite de espuma e em leite fixo para produção de farinha.

2.2 Específicos

- Avaliar o efeito das concentrações de maltodextrina e Emustab® sobre as propriedades físicas da espuma e físico-químicas das farinhas obtidas por secagem em leite de espuma do mamão;
- Avaliar o efeito das concentrações de maltodextrina e Emustab® sobre a cinética de secagem em leite de espuma do mamão formosa (*Carica Papaya* L.);
- Determinar as concentrações ótimas dos agentes espumantes (maltodextrina e Emustab) no processo de secagem do mamão em leite de espuma;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre as propriedades das farinhas obtidas por secagem por leite de espuma da polpa do mamão formosa;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre a cinética de secagem em leite de espuma do mamão formosa;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre as propriedades das farinhas obtidas por secagem por leite fixo do mamão formosa;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre a cinética de secagem em leite fixo do mamão formosa (*Carica Papaya* L.);
- Determinar o melhor método de secagem para a elaboração da farinha de mamão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mamão

3.1.1 Origem e características gerais

O mamão (*Carica papaya L.*) é um fruto proveniente de uma planta herbácea, o mamoeiro, pertencente, à classe *Dicotyledoneae*, à ordem *Violales* e à família *Caricaceae* (BRASIL, 1994). Alguns estudos relatam que sua espécie se originou no sul do México e Nicarágua e outros sugerem que a descoberta foi no noroeste da América do Sul (DANTAS et al., 2001). A primeira menção da existência do mamoeiro foi realizada na Europa por um autor espanhol, no seu livro “La natural hystoria de las Indias”, onde relata que a descoberta do mamoeiro foi entre o México e o norte da Nicarágua, e as primeiras sementes foram levadas ao Panamá e à algumas partes da América do Sul (OLIVEIRA et al., 2011). Após a descoberta, o mamoeiro se expandiu rapidamente em países com clima tropical e subtropical.

Na metade do século XX, o mamoeiro foi introduzido no Brasil encontrando condições climáticas favoráveis à sua exploração econômica (MARTINS et al., 2005). Em 1967, ocorreu uma epidemia de uma doença virótica, no estado de São Paulo, que foi chamada de “mosaico do mamoeiro”. Nessa época a cidade estava no auge de sua exploração de mamão com excelente representatividade econômica e cultural (RUGGIERO et al., 2010). Com o intuito de combater o vírus, migraram o mamoeiro para outras regiões, fazendo com que desaparecesse completamente o cultivo no estado na década de 70. A partir de 1975, o mamoeiro migrou para outras regiões como no Pará, Bahia e Espírito Santo, onde os produtores já estavam familiarizados com o sistema de prevenção de doenças, possibilitando a estabilidade do cultivo. A partir deste momento, mudanças altamente significativas ocorreram e com o passar dos anos o Brasil foi aumentando sua produção e exportação se destacando em âmbito mundial (RUGGIERO et al., 2011).

O mamoeiro é difundido em regiões com clima tropical e sua qualidade varia de acordo com as condições físicas, químicas e variedades do fruto. As variedades do mamão estão demonstradas no Quadro 1.

QUADRO 1: Classificação dos cultivares de mamão.

GRUPO	CULTIVAR
SOLO	Sunrise Solo
	Golden
	Improved Sunrise Solo line 72/12
	Waimanalo
	Kapoho Solo
	Baixinho de Santa Amália
	Taiwan
	Higgins
FORMOSA	Tainung nº1
	Tainung nº2
	Tainung nº3
	Coliman 01
COMUM	Comum

Fonte: FERREIA, 2010. Adaptado pelo autor.

De acordo com a EMBRAPA (2020) as variedades mais exploradas no Brasil são:

- Sunrise solo, popularmente conhecida como mamão Papaya.
- Improved Sunrise Solo, mais conhecida como mamão Havaí.
- Tainung nº1 e nº2, comumente chamada de Formosa.

Os dois cultivares mais explorados no Brasil (solo e formosa) são de grande importância econômica para o país. O grupo solo produz frutos de tamanhos menores e destinados principalmente para o mercado externo, e o grupo formosa que produzem frutos maiores, são destinados principalmente ao mercado interno (SERRANO, 2018).

O mamão formosa (Figura 1) possui boa aceitação dos consumidores, além de ser muito produzido no país e ter excelente composição nutricional. O mesmo possui peso entre 1098 e 1609 g, comprimento de 25 a 29 cm e diâmetro de 9 a 11 cm. É um fruto oblongo e alongado, com polpa laranja-avermelhada, textura suculenta e epiderme amarelo-alaranjada (SERTANIN et al., 2007).



Figura 1 – Representação fotográfica do mamão Formosa.

Fonte: Internet (2020).

O mamão formosa é uma fruta rica em nutrientes, cujas concentrações variam de acordo com os diferentes estádios de maturação, cultivar e clima, principalmente em relação às vitaminas e compostos antioxidantes (ARAÚJO FILHO et al., 2002). Por ser um fruto produzido durante todo o ano, os países que o cultivam possuem excelente perspectivas econômicas relacionadas ao fruto, pela prática da comercialização frequente.

3.1.2 Produção e importância econômica

O agronegócio possui uma grande representatividade para o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, sendo a fruticultura responsável por movimentar bilhões de dólares no país (CEPEA, 2018). De acordo com Fachinello e colaboradores (2011) a fruticultura promove avanços significativos que geram impactos econômicos e sociais, contribuindo para geração de empregos, renda e desenvolvimento do país.

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo perdendo somente para China e Índia, respectivamente (ABRAFRUTAS, 2020). Devido ao seu clima, solo e território, o país tem potencial para aumentar tanto a produção quanto a exportação usufruindo de tecnologias avançadas e logística adequada que permite preservar a qualidade das frutas (EMBRAPA, 2018).

O mamão está entre as sete primeiras frutas da pauta de exportação do Brasil, sendo o país o segundo maior produtor mundial apresentando elevada produtividade (Quadro 2) e grande área de produção (INCAPER, 2020).

Quadro 2. Produção de mamão no Brasil entre 2015 e 2018.

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Valor da produção (x1000R\$)
2015	30.545	1.481.190	1.181.595
2016	35.157	1.296.940	1.388.767
2017	26.675	1.058.487	929,548
2018	27.250	1.060.392	927.193

Fonte: IBGE, 2019.

De acordo com o IBGE, em 2018 o Espírito Santo obteve área colhida de 6.503 ha, produção de 354.405 toneladas, representando 33,42% da produção nacional de mamão. Isso demonstra a grande responsabilidade produtiva e econômica que o estado tem em relação ao mamão para o Brasil (IBGE, 2018).

Apesar de o Brasil ser o segundo maior produtor de mamão em âmbito mundial, sua exportação ainda é considerada pequena quando comparado com sua extensa produção, pelo fato do mercado internacional possuir muitos concorrentes e ser muito exigente em relação a qualidade dos produtos. Com tudo, o aumento da exportação do mamão obtido nos últimos anos é importante (INCAPER, 2020).

Em 2019, a área de cultivo do mamão se manteve, havendo um pequeno aumento no sul da Bahia. O mamão formosa é tido como prioridade nos investimentos pois dispõe maior estabilidade de mercado por possuir menor custo de produção e maior produtividade, além da atração pelo mercado internacional. A receita obtida da exportação de mamão de 2019 foi de 42,2 milhões (R\$), 8% a menos comparado com 2018 (CEPEA, 2020). Ainda que tenha ocorrido o recuo no valor obtido em relação ao ano anterior, houve aumento do volume de exportação.

De acordo com a CEPEA, a oferta de mamão foi elevada no início de 2020, e espera-se que com o aumento do investimento tecnológico, a disponibilidade do mamão seja elevada e a procura europeia seja constante para que continue garantindo resultados positivos em relação às exportações (CEPEA, 2020).

Tais informações afirmam a relevância que o mamão representa para a economia do país, favorecendo seu desenvolvimento.

3.1.3 Aspectos nutricionais

O mamão é um fruto muito bem aceito pelos consumidores e possui excelente composição nutricional (FAGUNDES et al., 2002) (Tabela 1). É um fruto que apresenta alto teor de umidade, sendo seu aporte calórico proveniente principalmente pelo teor de açúcares (ALMEIDA, 2009). Esta fruta possui enzima papaína, um importante componente digestivo que auxilia na digestão (TOME, 2008).

Tabela 1. Composição do mamão em 100g

Composição	Quantidade	VD (%)
Umidade	86,9 %	-
Valor energético	45,3 Kcal	2%
Carboidrato	11,6 g	4%
Proteína	0,8 g	1%
Lipídeos	0,1 g	-
Fibras	1,8 g	7%
Cálcio	25 mg	2%
Carotenoide	3137,5 µg	-
Compostos fenólicos	55 mg EAG	-
Vitamina C	78,5 mg	174%
Magnésio	17 mg	7%
Ferro	0,2 mg	1%
Potássio	222 mg	6,3%
Fósforo	11 mg	2%
Zinco	0,1mg	1%

Fonte: TACO, (2011).

O mamão possui compostos como os fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides, que possuem alta atividade antioxidante, conferindo valor funcional ao fruto (ARAÚJO FILHO et al., 2002).

Os antioxidantes são substâncias que possuem ações benéficas ao organismo com capacidade de retardar e/ou prevenir reações de oxidação, impedindo a formação

de radicais livres que são relacionadas a diversas patologias, como: câncer, cardiopatias e catarata (YANISHLIEVA et al., 2006; SHINAGAWA, 2009). Essas moléculas antioxidantes desempenham papéis fundamentais além do bloqueio do efeito maléfico dos radicais livres, como por exemplo no auxílio do combate às inflamações e ao envelhecimento (NEHA et al., 2019).

Por reduzir o risco de desenvolvimento de algumas doenças, e proporcionar benefícios à saúde, essas propriedades antioxidantes tornaram-se alvo de interesse no mundo científico e tem ganhado reconhecimento pela indústria (OLIVEIRA et al., 2011; ROSÁRIO, 2019). Devido à complexidade e alto custo de antioxidantes sintéticos, os naturais, presente em frutas e hortaliças, têm ganhado destaque e interesse devido a sua segurança (ROSÁRIO, 2019).

No mamão, destaca-se a presença de ácido ascórbico, mais conhecido como vitamina C. É uma vitamina que desempenha importantes funções biológicas como o desenvolvimento de dentes, ossos, pele, sangue, formação de colágeno, produção de hormônios e regulação da temperatura corpórea (MCEVOY, 2011). A deficiência severa da vitamina C pode levar ao escorbuto (NELSON et al., 2014). Essa vitamina possui alta atividade antioxidante com função redutora que proporciona benefícios a saúde como a redução do risco de desenvolver câncer e degeneração macular quando correlacionada a idade avançada (ANDRADE et al., 2002; SILVA et al., 2011). A vitamina C pode ser adquirida através da ingestão de frutas, e de acordo com a Recommended Dietary Allowance (RDA, Ingestão Dietética Recomendada) a recomendação de ingestão diária é de 90 mg para homens e 75 mg para mulheres adultas (IOM. 2000). O mamão é considerado fonte de ácido ascórbico, tendo estudos demonstrando valores variados considerando 100g da fruta: 71,17 mg (RIBEIRO et al., 1947); 31,3 mg (NOGUEIRA, 2011); 80,2 mg no tipo Formosa (OLIVEIRA et al., 2011); 83,49 mg no tipo Formosa (NEVES et al., 2013); 81,25 mg no tipo solo e 83,19 mg no tipo Formosa (REIS et al., 2015); 83,33mg (ALMEIDA et al., 2016); 75,06mg (LEDO et al., 2018).

A aparência colorida e atrativa dos mamões deve-se a presença dos carotenoides (amarelo, vermelho e laranja), pigmentos naturais que estão nas células de seus tecidos, destacando a β -criptoxantina (FAGUNDES et al., 2001). Os carotenoides desempenham papéis importantes no organismo, sua atividade antioxidante é capaz de reduzir o risco de desenvolvimento de doenças degenerativas

como o câncer e alteração na visão, redução do risco de aterosclerose e doenças coronarianas (HAEGELE et al., 2000). A atividade provitamina A é uma das atividades mais importantes de alguns carotenoides. A β criptoxantina é um carotenoide com atividade de provitamina A, e quando ingerida é transformada em vitamina A (MAIA, 2007). Esta vitamina é encontrada em alimentos de origem animal, que possuem alto custo, dessa forma, a ingestão dos carotenoides provitaminas A, que são encontradas em alimentos de origem vegetal é mais viável (RODRIGUEZAMAYA, 1976) A hipovitaminose A constitui um grave problema de saúde pública no Brasil, sendo assim, é importante uma dieta rica em frutas e hortaliças fontes dos carotenoides provitamina A, e a ingestão de mamão é importante como forma de ajudar a prevenir ou diminuir os índices de hipovitaminose. Na literatura muitos estudos relatam o teor de carotenoides totais em 100g de mamão: 10,13 mg do tipo Sunrise e 7,34mg do Golden (FERREIRA, 2014); 41,11 mg no mamão formosa e 42,84 no tipo Sunrise (REIS, 2015); 1458,4mg no estrato aquoso do mamão formosa (SILVA, 2018).

Dentre os antioxidantes presentes no mamão, os compostos fenólicos são encontrados em abundância e possuem grande contribuição para o organismo considerando que agem contra a ação de radicais livres, se tornando redutores do risco de desenvolvimento de patologias como o câncer, enfermidades cardiovasculares e patologias de caráter inflamatório (CHEYNIER, 2005; SOARES, 2002). Além disto, conferem cor e sabor aos alimentos, contribuindo positivamente para as características sensoriais dos mesmos (SHADHIDI et al., 1995). Alguns estudos demonstram valores variados de compostos fenólicos em 100g de mamão: 54 mg Equivalente de Ácido Gálico (EAG), variedade Lim (PATTHAMAKONOKPORN et al., 2008); 55 mg EAG no tipo Formosa (PEREIRA, 2009), 88,1 mg EAG no tipo Formosa (OLIVEIRA et al., 2011); 43,51 mg EAG (SARTORI et al., 2014); 69,12 no grupo formosa e 63,7 no grupo solo (REIS, 2015).

Em função da qualidade nutricional e a presença significativa de compostos antioxidantes no mamão, os consumidores e a indústria moderna possuem cada vez mais interesse nesse fruto, que também permite a elaboração e comercialização de subprodutos a partir do mesmo.

No entanto, a composição nutricional do mamão varia de acordo com o estágio de maturação, variedade, clima, época do ano, solo, fertilidade e condições de cultivo

(LEE et al., 2000) De acordo com LEE e colaboradores (2000), para que a qualidade seja mantida, é necessário também um manuseio correto pós-colheita.

O mamão é uma fruta climatérica, ou seja, muito perecível, pois continua seu processo de amadurecimento após a colheita. Sendo assim, a qualidade do fruto está diretamente relacionada com o estágio de maturação em que ele se encontra e em qual será consumido (SHINAGAWA, 2009).

Segundo a Frutiserias (2010), existem seis estádios de maturação do mamão (Figura 2)



Figura 2 – Representação fotográfica dos estádios de maturação do mamão.

Fonte: Frutiserias, 2010, adaptada pelo autor.

A cor da casca do mamão é utilizada como parâmetro para avaliar o estágio de maturação, assim como a acidez titulável e quantidade de sólidos solúveis da polpa do fruto. O etileno é responsável por desencadear uma série de reações sucedendo o amadurecimento do fruto (OLIVEIRA, 2002). A atividade respiratória e produção de etileno do fruto no período pós-colheita são influenciados pelo estágio de maturação do mamão no momento da colheita, deste modo o mamão deve estar no estágio de maturação adequado para que se tenha frutos com boa qualidade e composição nutricional (BRON, 2006).

Peixoto e colaboradores (2017) avaliaram o teor de vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e atividade antioxidante em farinhas produzidas nos seis estádios de maturação do mamão. Neste estudo, o teor de vitamina C diferiu estatisticamente entre os estádios de maturação onde as farinhas do estágio 2, 3 e 4 apresentaram conteúdos estatisticamente superiores ($p < 0,05$), quando comparados aos demais estádios. Com relação ao conteúdo de carotenoides, ambos os carotenoides avaliados (β -caroteno e β -criptoxantina) aumentaram sua concentração de acordo com o avançar dos estádios de maturação, sendo o último estágio (6) estatisticamente superior ($p < 0,05$). Esse comportamento é explicado por Castro & Vieira (2001) onde relata que a alteração da coloração das cascas dos mamões com os avançar dos

estádios de maturação deve-se à destruição da clorofila no tecido epidérmico e com isso ocorre aparecimento dos pigmentos carotenoides no fruto. A estimativa média de fenóis totais entre as farinhas nos diferentes estádios de maturação foi de 1483,39 mg de EAG/100g e não foi observada variabilidade significativa ($p>0,05$) no teor entre as farinhas dos diferentes estádios de maturação, exceto no primeiro estágio, com tudo todos os estádios apresentaram teores elevados de compostos fenólicos. A atividade antioxidante pelo método do radical DPPH entre as farinhas nos diferentes estádios de maturação foi 93,58% e os estádios de maturação 4 e 5 apresentaram atividade antioxidante estatisticamente superior ($p<0,05$) aos demais. Através da função desejabilidade, foi determinado que o estágio 3 de maturação do mamão era o ideal para a produção de farinhas com altos teores desses compostos antioxidantes.

3.1.4. Desperdício do mamão

O Brasil está entre os países que mais desperdiçam alimentos no mundo (FAO, 2016). Apesar da alta produção de mamão, cerca de 30% de sua produção são descartadas no Brasil (NESPOLO et al., 2015). Em 2015, 93,5 mil toneladas de mamão foram desperdiçadas no Espírito Santo, correspondendo a uma perda de 20,6% da produção (GALEANO et al., 2016). De acordo com a FAO (2013), a fase inicial da produção, manipulação, pós-colheita e armazenagem são responsáveis por 54% das perdas e desperdícios de alimentos, enquanto 46% ocorrem no processamento, distribuição e consumo.

O mamão é um fruto climatérico, ou seja, continua seu processo de amadurecimento após a colheita, provocando alta perecibilidade (FONTES et al., 2008). Sendo assim, uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto é o processamento do alimento (KHONSARN et al., 2012), que contribui com o aproveitamento dos frutos excedentes, não destinados ao mercado e à exportação, e diminui o desperdício contribuindo também para o meio ambiente.

3.2 Secagem

A secagem é uma operação que aplica calor em produtos, evaporando parte da água, com a finalidade de reduzir as atividades microbiológicas e enzimáticas do

alimento, aumentando a validade e a conservação de seus compostos (COSTA, 2012). Este processo se baseia na eliminação de parte da água que se encontra no alimento através da diferença de temperatura entre o material e a fonte quente e a diferença de pressão de vapor d'água entre o material e o ambiente que o contém, possibilitando transferência de calor e massa (SILVA, 2005).

Considerada uma das operações unitárias mais antigas, a secagem está presente em diversos setores industriais (KUNDRA et al., 2002), este processo possui vantagens que podem ser consideradas atrativas à indústria alimentícia, como: aumento da vida útil do produto, concentração dos compostos nutricionais resultando em um produto nutritivo, facilidade no transporte e comercialização, baixo custo e redução do desperdício pós colheita (EMBRAPA, 2010).

De acordo com Fellows (2000), a quantidade de vapor de água no ar, a velocidade do ar sobre os alimentos e a temperatura de secagem, estão interligados entre si interferindo diretamente na secagem. Realizar corretamente a secagem, adequando as condições exatas do processo é importante para resultar em um produto final de qualidade (FRANCO et al., 2015). É importante realizar a cinética de secagem a fim de conhecer o comportamento da matéria-prima durante todo o processo, sendo relevante a modelagem matemática pois possibilita a padronização do processo, uma etapa importante para o desenvolvimento e otimização (CARVALHO, 2014). A otimização de processos industriais objetiva determinar as melhores condições para realizar algum processo de acordo com situações específicas. Para a otimização é necessário definir um conjunto de variáveis que o método de otimização possa controlar para fornecer alternativas, definir um conjunto de exigências ou restrições que o método deva obedecer ao explorar as variáveis do problema e estabelecer uma função objetivo para que as diversas alternativas encontradas possam ser avaliadas e comparadas entre si (ERDOGDU, 2009; TRIBOLI, 2014). De acordo com Oliveira (2006), a otimização industrial procura suprir tudo o que a empresa necessita através da investigação das áreas buscando aumento de produtividade, por meio da padronização e qualidade de processos.

Na indústria de alimentos, é de extrema importância a existência de métodos de otimização, técnicas matemáticas e programas computacionais pois é um meio que influencia positivamente na procura de soluções de problemas existentes nas

indústrias alimentícias, além de contribuir para determinar as condições ótimas de processamento (ERDOGDU, 2009).

Processos de conservação como a secagem, são fundamentais para preservar os alimentos, destacando as frutas que são altamente perecíveis. Deste modo, a otimização de processos de conservação é muito interessante, pois determina as melhores condições para que resulte em manutenção das propriedades nutricionais, sensoriais, qualidade dos alimentos, e melhores ajustes econômicos para a indústria (MERCALI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Uma alternativa para reduzir o desperdício de alimentos, especialmente a perda das frutas, consiste na redução do teor de umidade das mesmas, com isso o processo de secagem é uma alternativa considerável. Diversos métodos de secagens são realizados com intuito de garantir a qualidade dos alimentos, dentre eles destacam-se os métodos de secagem em leito de espuma e secagem em leito fixo.

3.2.1 Leito de espuma

A secagem em leito de espuma é um processo de desidratação desenvolvido em 1959 por Arthur Morgan (HART et al., 1959), onde alimentos líquidos ou semilíquidos, tais como sucos e polpa de frutas, são submetidos a agitação junto com agentes espumantes, se transformando em espumas estáveis, e em seguida desidratadas por meios térmicos (SILVA et al., 2008). A Figura 3 demonstra as etapas para uma das formas de condução deste método.

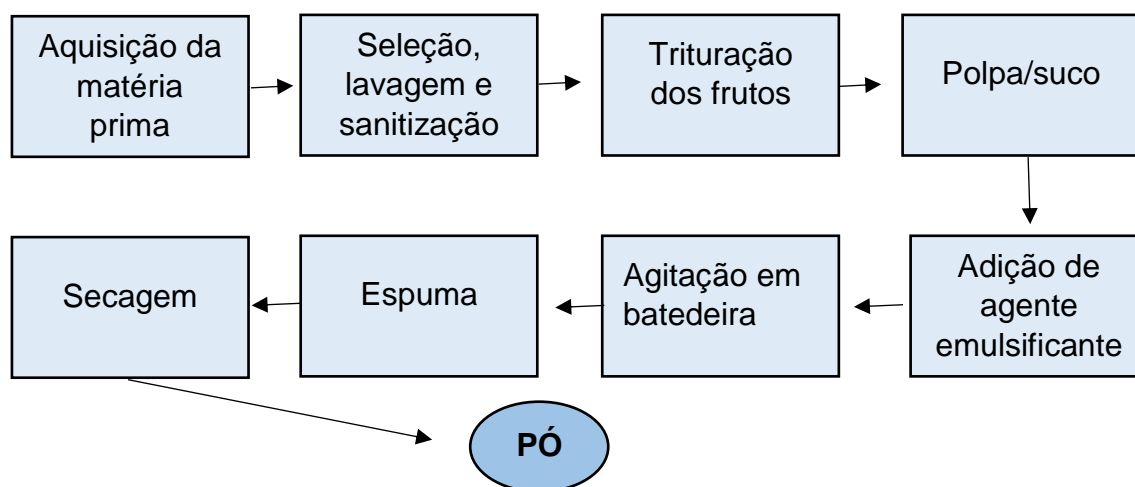


Figura 3. Fluxograma da condução do método de secagem em leito de espuma.

Fonte: Autora, 2020.

As espumas formadas devem ser estáveis para se obter um produto de qualidade, porém é observado que a instabilidade da espuma é muito comum, se tornando insatisfatórias para o processo. Apesar de alguns alimentos conterem compostos que ajudam na produção das espumas, eles ainda assim não são suficientes para formação de uma espuma estável (SANKAT et al., 2004). Desta forma, utilizar agentes que contribuem para formar e estabilizar a espuma é importante e necessário (BAG et al., 2011). Durante a escolha desta substância espumante, deve-se atentar para aquela que resulta em densidade menor, que é uma característica positiva para formação da espuma devido a incorporação de ar no momento da agitação (SOUZA, 2011). Alguns dos estabilizantes amplamente utilizados são: a albumina, clara de ovo, emustab®, maltodextrina e gomas (GUAZI, 2016).

A secagem em leito de espuma exige pouco investimento, assegura boas características nutricionais e sensoriais ao produto devido à possibilidade de se utilizar temperaturas mais baixas e tempos mais curtos de secagem, preservando a qualidade dos produtos (ALEXANDRE, et al 2014).

O processo de secagem em leito de espuma tem sido muito empregado na desidratação de polpa de frutas, como: ciriguela (FURTADO et al., 2010), pitanga (BARRETO, 2011), cupuaçu (SOUZA, 2011), abacaxi (KADAM et al., 2012), figo (LISBOA, 2012), pitanga (CHAVES et al., 2013), graviola (BAPTESTINI et al., 2015), kiwi (OLIVEIRA et al., 2016), morango (VIMERCATI et al., 2016), cereja (ABBASI et al., 2016), acerola (ARAÚJO et al., 2017). Diante do exposto, a utilização do método de secagem em leito de espuma em frutas é muito relevante.

3.2.2 Leito fixo

A secagem em leito fixo consiste em espalhar um alimento sólido em bandejas no interior do secador e ao passar o ar aquecido, ocorre a transferência de calor e massa, e assim retira-se parte da água do alimento garantindo qualidade no produto final (PRADO, 2004).

O secador de leito fixo é um tipo de secador utilizado em secagens com circulação de ar forçada, sendo que neste processo são espalhados em bandejas o

alimento sólido de interesse. Este sistema de secagem é muito utilizado em pesquisas acadêmicas, onde são realizados estudos sobre a cinética de secagem, simulação sobre secagens de produtos agrícolas e formação de produtos minimamente processados (METALURGIA, 1995).

São encontrados estudos utilizando a secagem de leito fixo em frutas como por exemplo: cajá (GOUVEIA et al., 2013), abacaxi (RODRIGUES, 2006), banana (SILVA et al., 2009), uva (JOHANN, 2016) e mamão (LIMA et al., 2017).

3.3 Farinhas

Alimentos que possuem alto teor de umidade são muito perecíveis, tendo sua vida útil curta, pois possibilita o desenvolvimento de microrganismos, acelera as reações químicas modificando as características originais do alimento, resultando em desperdício (CHITARRA et al., 2005). Inúmeros produtos podem ser elaborados através da secagem com intuito de reduzir as perdas, aumentar a praticidade e agregar valor ao material, dentre esses produtos destacam-se as farinhas.

Segundo a ANVISA (BRASIL, 2005), as farinhas: “são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos”.

As farinhas provenientes de frutas vêm adquirindo destaque por serem ricas em compostos nutricionais, pela praticidade, por reduzir desperdícios de alimentos muito perecíveis e pela aplicabilidade em diversos produtos como biscoitos, pães, sorvetes, bolos, iogurtes e outros, rendendo produtos com maior valor nutricional (ARAÚJO FILHO et al., 2011). É importante para a indústria de alimentos a possibilidade de produzir coprodutos em pó, pois reduzem alguns custos e apresentam maior facilidade de conservação (COSTA et al., 2003).

A elaboração de farinhas a partir do mamão pode ser uma excelente alternativa, considerando que o mamão é uma fruta muito perecível devido à vida útil reduzida. As farinhas contribuem para preservar a vida útil do fruto, evitar desperdícios e

diversificar a forma de consumo do mamão, além de ser útil como ingredientes para formulação de produtos ou complemento alimentar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Operações Unitárias e Laboratório de Química de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre.

O trabalho foi conduzido em três etapas:

- 1) Otimização das concentrações dos agentes espumantes para o processo de secagem em leito de espuma;
- 2) Otimização da temperatura de secagem do mamão em leito de espuma utilizando as concentrações dos agentes espumantes otimizadas na etapa 1.
- 3) Otimização da temperatura de secagem do mamão em leito fixo.

4.1. Matéria prima

Devido à aceitação dos consumidores, pela elevada produção no país e por ter excelente composição nutricional, o mamão formosa (Figura 4) foi escolhido para este estudo. Os mamões da variedade formosa (*Carica papaya* L.) provenientes do norte do estado do Espírito Santo, foram adquiridos em comércio local da cidade de Alegre – ES. Os frutos foram obtidos no estágio de maturação 3 (Figura 2) com a polpa apresentando até 25% da superfície amarela (1/4 madura) (FRUTISERIES, 2010).



Figura 4. Mamão utilizados no estudo para a produção das farinhas de acordo com o estágio de maturação 3. Fonte: AUTOR, 2020.

Os mamões que apresentaram quaisquer deformações visíveis foram eliminados a fim de se obter um produto homogêneo e de qualidade. Em seguida foram higienizados em água corrente e removidas as sementes e a casca, de forma a se obter a polpa do mamão.

Para o preparo da espuma, foram utilizados os agentes espumantes Emustab® e Maltodextrina. Estes ingredientes foram adquiridos em comércio local da cidade de Alegre/ES.

4.2. 1ª etapa: Otimização das concentrações dos agentes espumantes

O fluxograma (Figura 5) retrata as etapas que foram realizadas na otimização das concentrações dos agentes espumantes a fim de encontrar as melhores condições de formação da espuma para secagem.

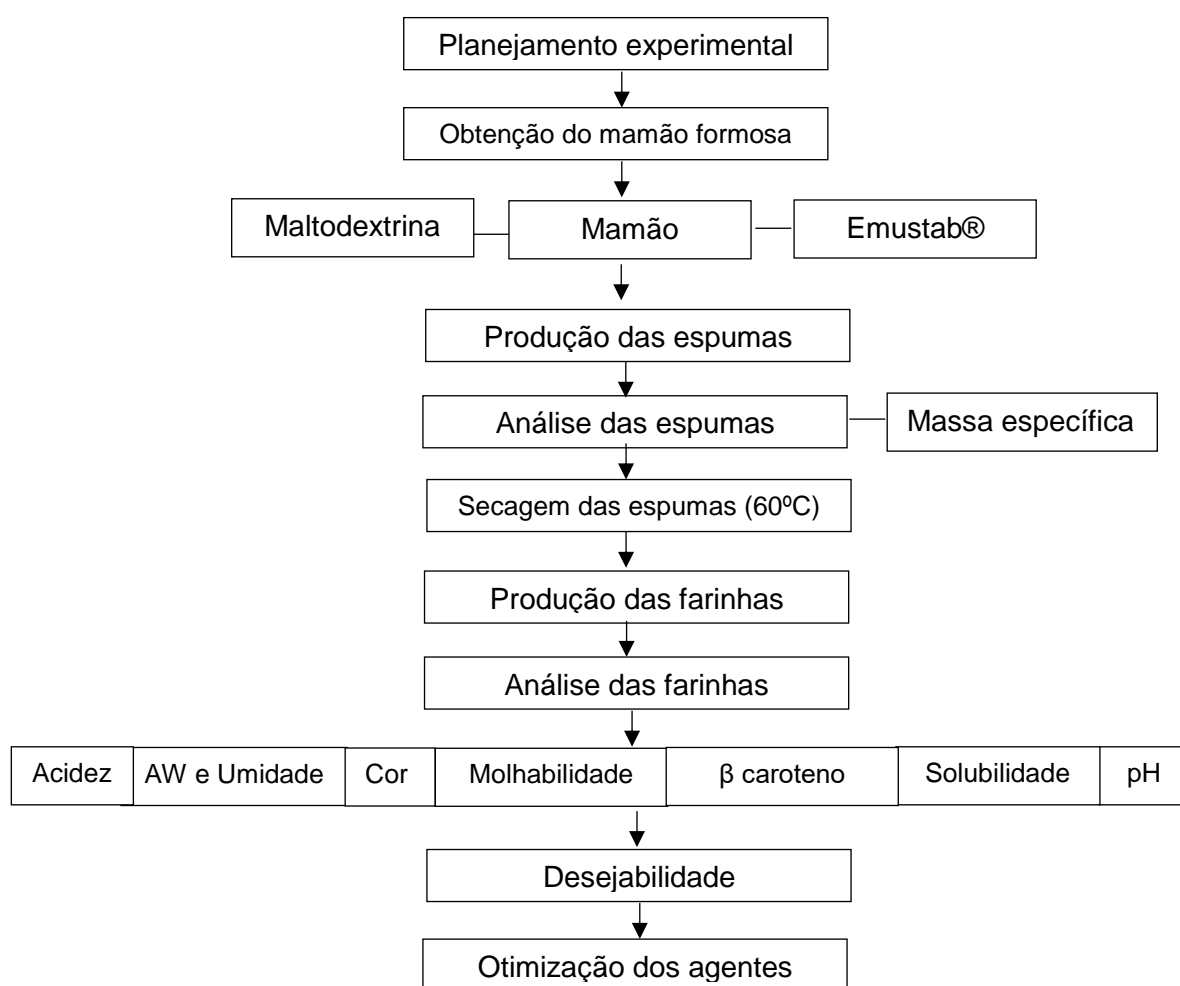


Figura 5. Fluxograma das etapas do processo de otimização das concentrações dos agentes espumantes.

Fonte: Autora, 2019.

4.2.1 Planejamento experimental

Com intuito de otimizar a quantidade dos agentes a serem utilizados para produção da espuma, foi realizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Os agentes adicionados foram a maltodextrina e o Emustab® variando as concentrações de 0 a 5%. Com dois fatores, este delineamento possui um $\alpha = 1,4142$ (4 pontos fatoriais, 4 pontos axiais e 3 repetições no ponto central) totalizando 9 tratamentos (11 experimentos), conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Delineamento Compostos Central Rotacional com os valores codificados e não codificados das duas variáveis.

Codificado			Descodificado		
Tratamento	x1	x2	Tratamento	Maltodextrina (%)	Emustab® (%)
1	-1	-1	1	0,73	0,73
2	1	-1	2	4,27	0,73
3	-1	1	3	0,73	4,27
4	1	1	4	4,27	4,27
5	-1,4142	0	5	0	2,5
6	1,4142	0	6	5,00	2,5
7	0	-1,4142	7	2,5	0
8	0	1,4142	8	2,5	5,00
9	0	0	9	2,5	2,5

Fonte: Autora, 2019.

4.2.2. Produção das espumas

As espumas foram produzidas através da mistura da polpa de mamão homogeneizada com as diferentes concentrações dos agentes espumantes maltodextrina e Emustab® determinados através do DCCR realizado. A agitação ocorreu por meio de uma batedeira doméstica (Arno Dayli SX88) (Figura 6) por 20 minutos (10 minutos em rotação mínima e 10 minutos em rotação máxima).



Figura 6 – Produção da espuma em batedeira planetária.

Fonte: Autora (2020).

4.2.3. Massa específica da espuma

A massa específica das espumas foi determinada através da divisão da massa total pelo volume por meio da adição da espuma em uma proveta de 1000 mL.

4.2.4 Secagem das espumas e produção das farinhas

As espumas obtidas foram dispostas em bandeja de aço inox e postas no secador de leite fixo tipo bandeja (Figura 7 e 8) com velocidade média do ar de 1m/s, a 60°C. Para a determinação da cinética de secagem, a massa das bandejas foi registrada a cada 15 minutos durante a primeira hora, 30 minutos durante a segunda e terceira hora e de 1 em 1 hora até massa constante.

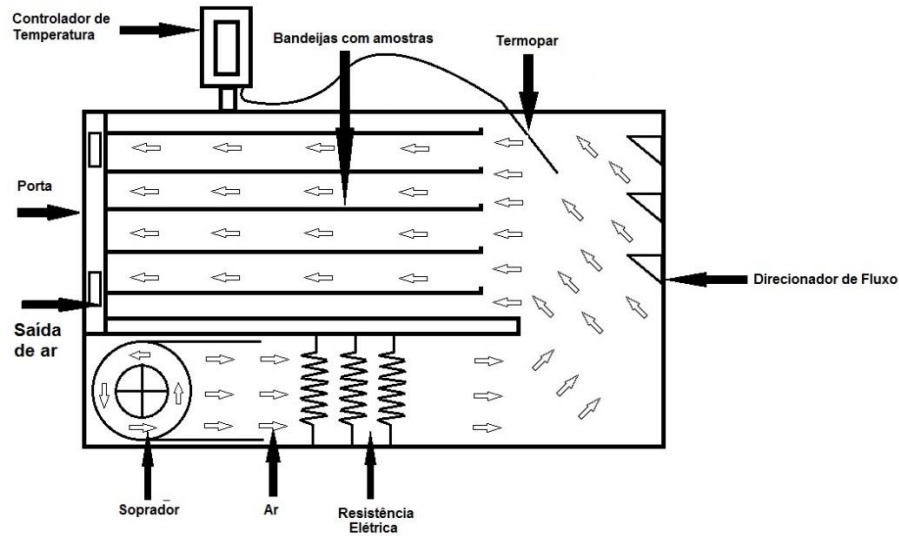


Figura 7. Esboço da vista lateral de um secador de leito fixo.

Fonte: LIMA, 2016.



Figura 8. Imagem frontal com a porta aberta (esquerda) e fechada (direita) do secador de leito fixo de bandeja utilizado para pesquisas.

Fonte: LIMA, 2016.

Para o ajuste das curvas experimentais de secagem, foram utilizados os modelos de Lewis (Equação 1), Handerson e Pabis (Equação 2), Page (Equação 3) e Midilli (Equação 4):

$$RU = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} = e^{-k t} \quad (\text{Eq.1})$$

$$RU = a e^{-k t} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$RU = e^{-k t^n} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$RU = a e^{-k t^n} + b t \quad (\text{Eq.4})$$

Em que:

RU é a Razão de umidade

X_t é o teor de água, em base seca, em qualquer instante de tempo

X_e é o teor de água na condição de equilíbrio

X_0 é o teor de água inicial

t é o tempo decorrido da secagem

a , b , k e n são parâmetros dos modelos

Os modelos de curva de secagem foram ajustados por meio de regressão não linear, utilizando a técnica de minimização da soma de quadrados dos desvios. Os modelos ajustados foram comparados pelo coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) e pelo erro padrão da regressão (S).

Após a secagem, a amostra seca foi retirada da bandeja com um auxílio de uma espátula inox e em seguida foi utilizado o moinho de facas, no qual foram inseridas gradativamente as amostras secas para a moagem do material, resultando em uma farinha de baixa granulometria de acordo com a abertura da saída do moinho (10 mesh).

As farinhas obtidas foram armazenadas em embalagens de polietileno com camada laminada, seladas e mantidas à temperatura de -18°C em congelador convencional, com o intuito de evitar contato com a luz e umidade ambiente e dessa forma conservar as farinhas até o momento das análises.

4.2.5. Análises das farinhas

As análises de acidez titulável, atividade de água, umidade, pH, cor, solubilidade, tempo de molhabilidade, carotenoides totais e tempo de secagem foram realizados nas farinhas obtidas nos tratamentos determinados no DCCR, em três repetições em duplicada.

4.2.5.1. Acidez total titulável

A acidez titulável foi determinada através da titulação com solução de 0,1N de NaOH em uma solução aquosa da amostra (farinha diluída com água destilada) em presença de fenolftaleína até o ponto de viragem. O resultado foi expresso em % (AOAC, 2002).

4.2.5.2. Atividade de água e umidade

A atividade de água foi determinada através do equipamento Hygrolab da marca Rotronic. Para a umidade, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C até massa constante (Figura 9) e o teor quantificado por meio da diferença entre o peso da amostra inicial e final, de acordo com as técnicas descritas pela AOAC (2002).



Figura 9 – Amostra do mamão após a secagem em estufa.

Fonte: Autor (2020).

4.2.5.3. Cor

Foi utilizado o colorímetro da marca Konica Minolta CM-5 para determinação da cor. Foram avaliados 3 parâmetros de cor: L^* , a^* e b^* . O valor de a^* caracteriza coloração na região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), o valor b^* indica coloração no intervalo do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$). O valor L representa a luminosidade, variando do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$) (HARDER, 2005). O Chroma é a relação entre os valores de a^* e b^* , mede a saturação. Para cálculo do Chroma foi utilizado a fórmula

matemática $C = \sqrt{(a^2+b^2)}$ e para se calcular o angulo de tonalidade (h°), a fórmula $h^\circ = \arctg b^*/a^*$.

4.2.5.4. pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico através de medidor digital (pHmetro) da marca TEKNA T-1000, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2002). Foram homogeneizados 5,0 gramas da amostra em 50 mL de água destilada. A leitura foi realizada após o resultado estabilizar.

4.2.5.5. Solubilidade

A solubilidade foi determinada através da pesagem de 1 g de farinha diluída em 200 mL de água destilada. A mistura foi agitada por 5 minutos e em seguida centrifugada a 3000 rpm durante 5 minutos a 5°C. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi seca na estufa a 105°C até massa constante. O percentual (%) de solubilidade foi calculado pela diferença entre a massa inicial e final após a secagem.

4.2.5.6 Tempo de molhabilidade

A análise foi realizada através da introdução de 1 g de amostra, sem agitação, em 200 mL de água destilada utilizando um Becker de 250 mL. Foi medido o tempo gasto para que todas as partículas ficassem submersas (Adaptado de LANNES; MEDEIROS, 2003).

4.2.5.7 Quantificação de carotenoides totais

Em 1,0 g de amostra foram adicionados 20 mL de acetona resfriada, sendo a amostra macerada por um período de 1 minuto. Posteriormente, foi realizada a filtração a vácuo e o material macerado mais duas vezes com 20 mL de acetona para garantir total extração dos pigmentos. Os pigmentos foram transferidos para éter de petróleo em funil de separação e lavados com água destilada para remoção total da acetona (RODRIGUEZ-AMAYA, 1976)

Os extratos foram lidos no espectrofotômetro (Bel PHotonics, SP2000 UV) no comprimento de onda de 449 nm (RODRIGUEZ AMAYA, 2008). O teor de carotenoides totais foi obtido pela Equação 5, e os resultados foram expressos em µg de carotenoides/ 100 g de amostra.

$$\text{Carotenoides totais} = \frac{AxVx10^6}{A^{1\%}(g)mx100} x100 \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

A= absorbância;

V= volume final em mL;

A^{1%} = coeficiente de absortividade da β-criptoxantina em éter de petróleo (2386cm⁻¹)

m= massa da amostra em gramas.

4.2.6. Função desejabilidade e otimização dos agentes

A desejabilidade foi utilizada com intuito de determinar as condições ótimas de secagem baseada em modelos estatísticos (DERRINGHER e SUICH, 1980). Cada variável resposta y_i , foi convertida em uma função desejabilidade individual d_i dentro do intervalo $0 \leq d_i \leq 1$ usando a Equação 6 para as variáveis que devem ser minimizadas (atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem) e a Equação 7 para as variáveis que devem ser maximizadas (solubilidade e carotenoide) (MACIEL, 2017).

$$d_i = \begin{cases} 1 & \hat{y}_i < T_i \\ \left(\frac{U_i - y_i}{U_i - T_i}\right)^{r_i} & T_i \leq \hat{y}_i \leq U_i \\ 0 & \hat{y}_i > U_i \end{cases} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$d_i = \begin{cases} 0 & \hat{y}_i < L_i \\ \left(\frac{y_i - L_i}{T_i - L_i}\right)^{r_i} & L_i \leq \hat{y}_i \leq T_i \\ 1 & \hat{y}_i > T_i \end{cases} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que:

U_i é o valor máximo admissível;

L_i é o valor mínimo admissível;

T_i é o valor alvo (ótimo).

Foi utilizada a função desejabilidade linear ($r_i = 1 \forall i$). Os valores de T_i , U_i e L_i foram definidos após adquirir os resultados experimentais. Através dos valores das desejabilidades individuais, a desejabilidade global foi calculada através da equação 8.

$$D = (\prod_{i=1}^N d_i)^{1/N} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que:

D é a desejabilidade global

N é o número de variáveis respostas consideradas no processo de otimização

A condição ótima foi determinada por aquela que obteve o maior valor de desejabilidade global.

4.3. 2ª etapa: Secagem em leite de espuma após otimização dos agentes espumantes

O fluxograma (Figura 10) retrata as etapas que foram realizadas na segunda etapa do estudo a fim de definir a melhor temperatura de secagem do mamão em leite de espuma (figura 11) para produção de farinha.

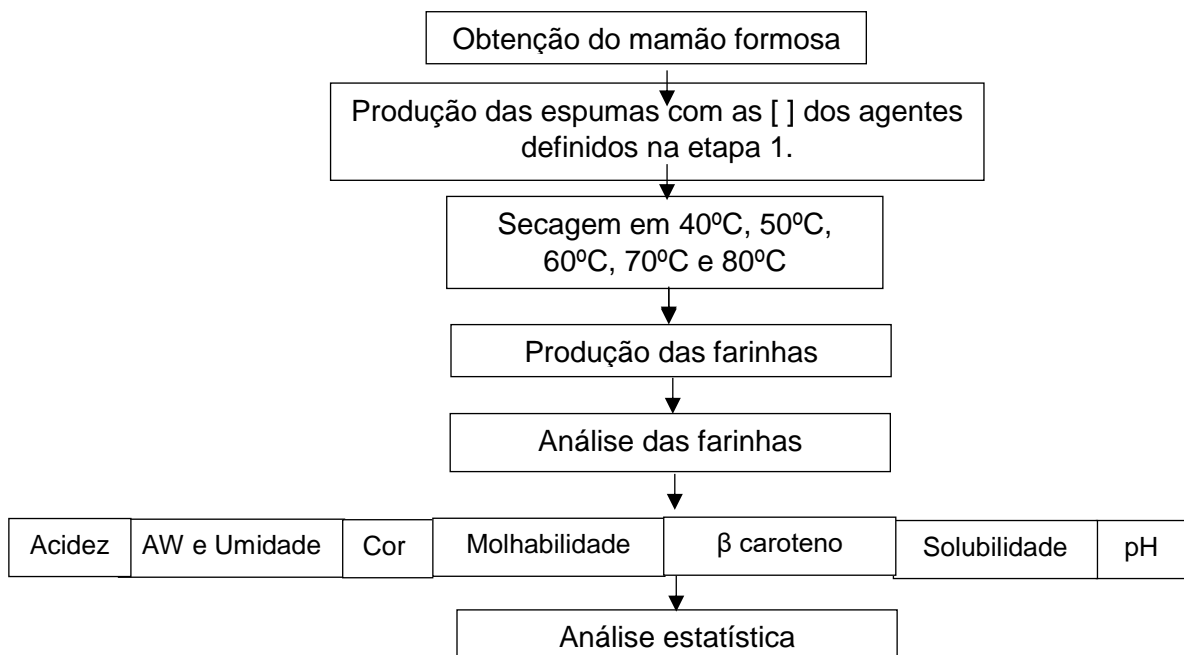


Figura 10. Fluxograma das etapas do processo de otimização da temperatura de

secagem em leito de espuma. Fonte: Autora, 2019.

Após a determinação da concentração ótima dos agentes espumantes (maltodextrina e Emustab®) na primeira parte do estudo, a mesma foi fixada para que fosse possível determinar as melhores condições de temperatura de secagem. As temperaturas utilizadas nas secagens foram: 40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C. A Figura 11 demonstra como as espumas foram dispostas na bandeja do secador.



Figura 11- Bandeja contendo a espuma de mamão utilizada para secagem.

Fonte: Autor (2020).

O processo de produção de espuma, secagem, cinética, análises das espumas e análises das farinhas foram realizadas da mesma forma que a primeira etapa do estudo (tópico 4.2.2, 4.2.4, 4.2.5 e 4.2.6).

4.4. 3ª etapa: Secagem em leito fixo

O fluxograma (Figura 12) retrata as etapas que foram realizadas na terceira parte do estudo a fim de encontrar a melhor temperatura de secagem em leito fixo para produção da farinha de mamão.

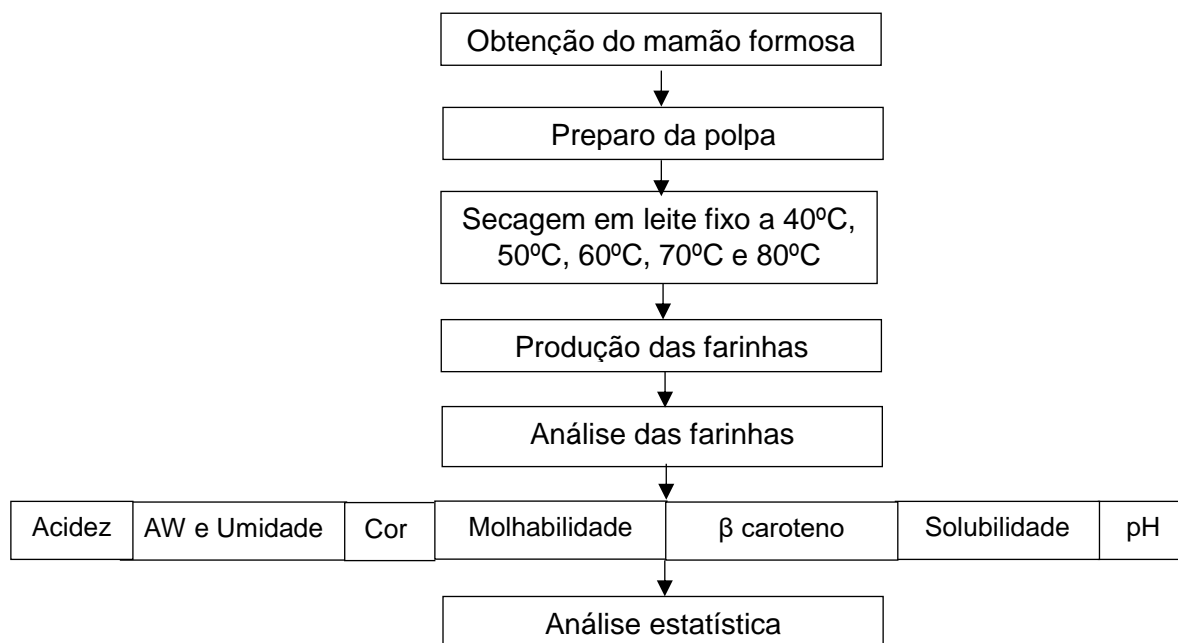


Figura 12. Fluxograma das etapas do processo de otimização da temperatura de secagem em leito fixo. Fonte: Autora, 2019.

A polpa do mamão foi ralada, utilizando um ralador de inox, com intuito de aumentar a superfície de secagem da amostra, e acondicionadas em bandejas. Foi utilizado o secador de leito fixo do tipo bandeja com convecção forçada de ar aquecido para a secagem com velocidade média do ar de 1m/s, com temperatura constante a 40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C. A cinética de secagem, produção e análises da farinha foram conduzidas de acordo com o que foi descrito na primeira e segunda etapa do estudo (4.2.5 e 4.2.6).

4.5. Comparação entre os dois métodos de secagem

Neste contexto, os resultados obtidos dos dois métodos avaliados (leito fixo e leito de espuma), foram comparados através da análise estatística realizada para os dois métodos e foi determinado qual deles é mais eficaz para secagem do mamão formosa conforme os parâmetros avaliados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Influência das concentrações dos agentes espumantes para o processo de secagem do mamão em leite de espuma

Os parâmetros analisados que podem influenciar no processo de otimização do presente estudo são: massa específica, atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade, solubilidade, carotenoides e tempo de secagem. Foi verificado que as variáveis massa específica, atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelas diferentes concentrações dos agentes espumantes, portanto, foram testados modelos matemáticos que explicassem o comportamento dessas variáveis. Os agentes espumantes não exerceram influência significativa ($p > 0,05$) sobre as variáveis solubilidade e carotenoide. Na Tabela 3 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 3. Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis significativas.

Análise	Modelo	R^2
Massa específica	$\hat{y} = 3,1016 - 0,1701x_2 + 0,0992x_2^2$	0,7486
Atividade de água	$\hat{y} = 0,2586 - 0,0513x_1^2 - 0,0185x_2 - 0,037x_2^2$	0,8401
Umidade (%)	$\hat{y} = 16,6565 - 6,0625x_1^2 - 0,9067x_2 - 1,499x_2^2$	0,8468
Tempo de molhabilidade (min)	$\hat{y} = 9,4705 + 13,0879x_2 + 4,8531x_2^2 + 3x_1x_2$	0,8826
Tempo de secagem	$\hat{y} = 10,8575 + 2,2934x_1^2 - 4,1974x_2 + 12,2821x_2^2 + 2,406x_1x_2$	0,8983

$x_1 = \% \text{ maltodextrina}$ $x_2 = \% \text{ emustab}$

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das cinco variáveis apresentadas na Tabela 3, obtendo um bom R^2 .

5.1.1 Massa específica

É demonstrada na Figura 13 a superfície de resposta onde relaciona a massa específica com os agentes aplicados na produção das espumas. O gráfico constata que o teor de maltodextrina (x_1) não influencia na massa específica e quanto menor o teor de emustab® (x_2), maior a massa específica.

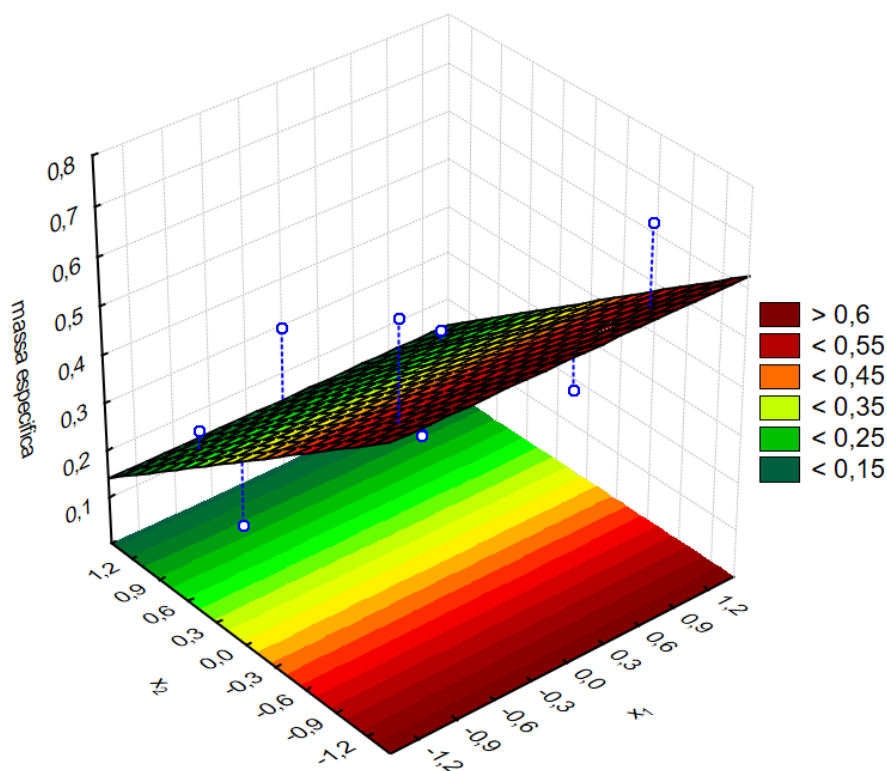


Figura 13 – Gráfico de superfície de resposta da massa específica (g/cm^3) das espumas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

Uma massa específica menor auxilia na estabilidade das espumas, considerando que massas específicas maiores afetam negativamente a formação de espumas (THUWAPANICHAYANAN, 2008). Soares (2009) utilizou emustab® em sua secagem de polpa de araçá-boi e com o aumento da concentração deste agente, provocou redução da densidade cujos valores foram de 0,91, 0,76, 0,69 e 0,59 g/cm^3 para as concentrações de 5, 10, 15 e 20%, respectivamente. Em um estudo com polpa de jenipapo, a maltodextrina e o Emustab® apresentaram efeitos contrários, ou seja, quanto maior a concentração de maltodextrina maior a massa específica da espuma. Já o Emustab® diminuiu a massa específica das espumas com o aumento das concentrações, comportamento semelhante ao presente estudo (PINTO, 2009). Logo,

alguns estudos realizados obtiveram resultados com o mesmo comportamento do presente estudo em relação ao emustab®, onde provocou a redução da massa específica.

5.1.2 Atividade de água

A Figura 14 demonstra o gráfico de superfície de resposta da atividade de água das farinhas. Observa-se que a atividade de água é maior próximo ao ponto central e menor nas regiões mais distantes do ponto central, ou seja, a atividade de água é maior quando se tem valores médios dos agentes. Contudo, nota-se que em toda a região de estudo a atividade de água ficou abaixo de 0,4, o que garante uma boa estabilidade microbiológica às farinhas produzidas.

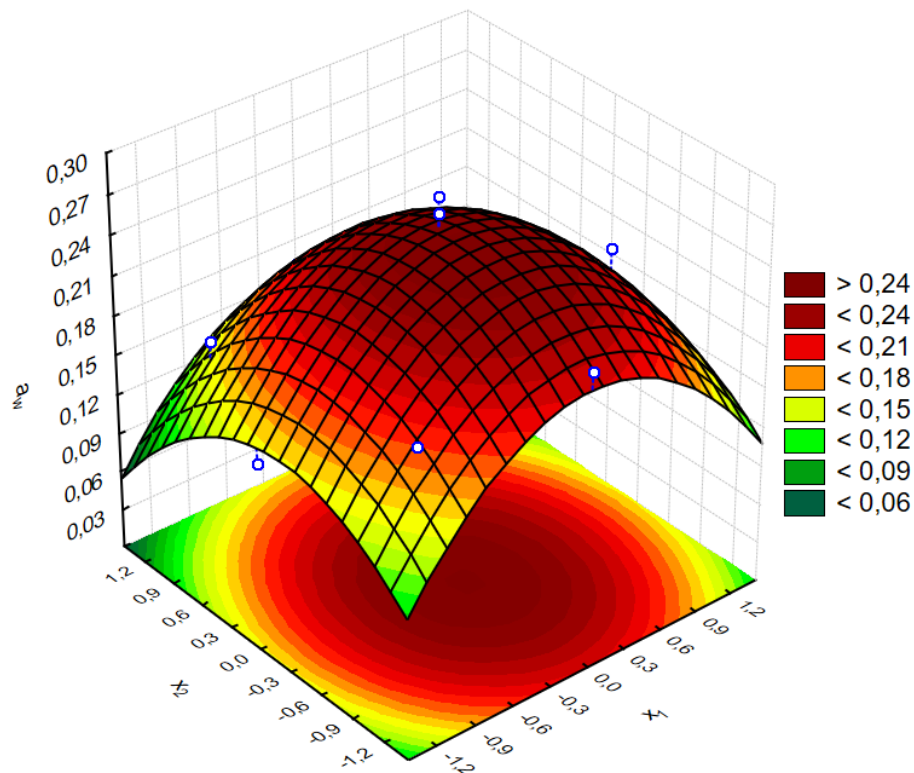


Figura 14 – Gráfico de superfície de resposta de atividade de água das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

Deseja-se uma atividade de água pequena, pois assim impede o crescimento de microorganismos, reduzindo a atividade das reações nos alimentos que dependem de água disponível (ORDÓÑEZ, 2005). De acordo com Fellows (2006), é importante que os valores de atividade de água sejam inferiores a 0,60, pois assim indica que

não está passível de atividade enzimática ou desenvolvimento de microrganismos. Considerando que a média de atividade de água nas farinhas do presente estudo foi de 0,194, isso demonstra que está adequado e contribui para a conservação da farinha.

5.1.3 Umidade

No gráfico de superfície de resposta da umidade (Figura 15) é possível observar que os teores de maltodextrina e emustab® próximo ao ponto central resultam em umidade maior. Menores teores de umidade são observados nas regiões mais distantes do ponto central.

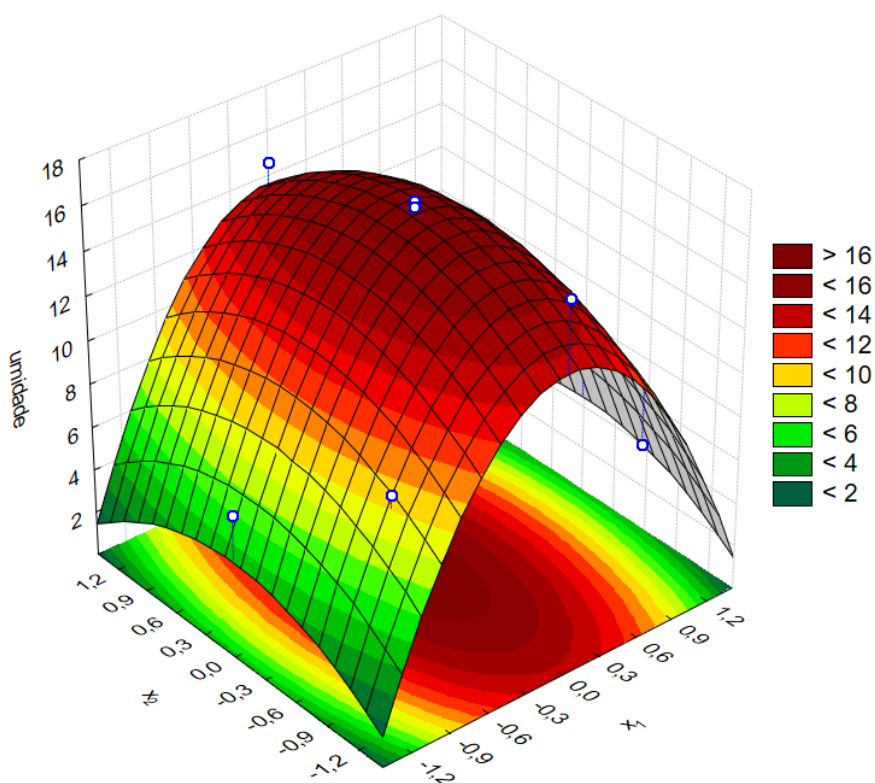


Figura 15 – Gráfico de superfície de resposta da umidade (%) das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

De acordo com a Resolução-RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (BRASIL, 2005), as farinhas devem ter umidade máxima de 15,0 %. No presente estudo, as farinhas variaram de 5,82% (tratamento 4) a 16,87% (tratamento 11). As farinhas dos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 estão dentro das normas da ANVISA, sendo os tratamentos 7 (2,5% de maltodextrina; 0% de emustab®), 9 (2,5%

de maltodextrina; 2,5% de emustab®), 10 e 11 (repetições do nono tratamento) com valores um pouco acima do adequado.

É importante que a umidade seja baixa a fim de garantir um armazenamento seguro e evitar a aceleração das reações químicas com consequente alteração nas características do produto que podem interferir na sua qualidade (FARONI et al., 2007).

5.1.4 Tempo de Molhabilidade

Na Figura 16, é apresentado o gráfico de superfície de resposta do tempo de molhabilidade. Observa-se que a concentração de maltodextrina é a que mais influência no tempo de molhabilidade, sendo que o aumento da concentração de maltodextrina contribui para reduzir o tempo de molhabilidade.

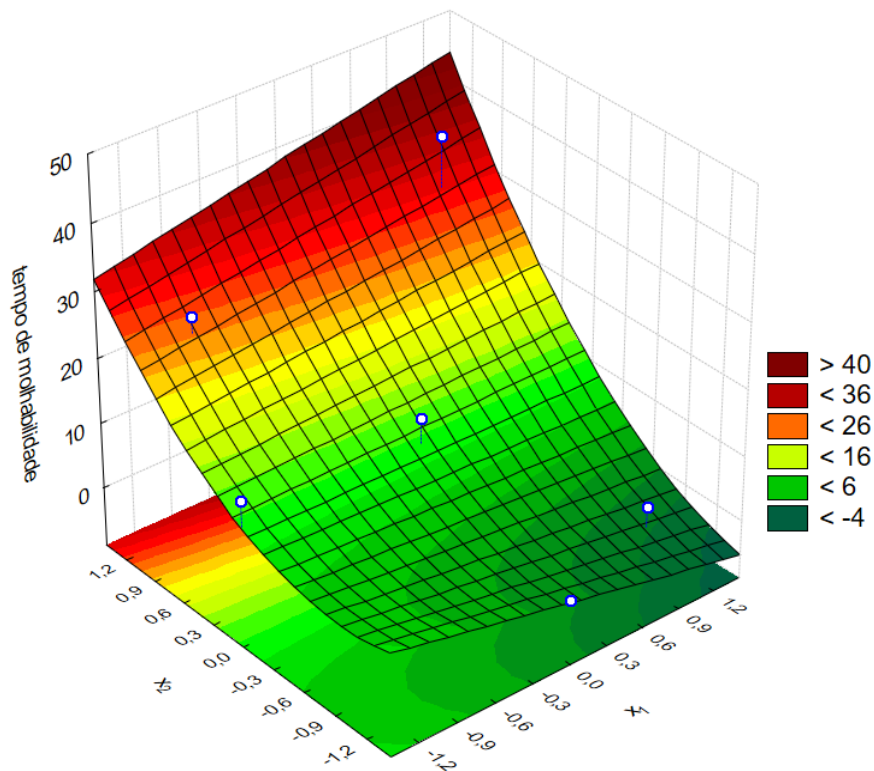


Figura 16 – Gráfico de superfície de resposta do tempo de molhabilidade (minutos) das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

O tempo de molhabilidade pode ser caracterizado pela susceptibilidade das partículas em serem penetradas pela água, ou seja, ao dispersar um pó sem agitação em água e não formar grumos, eles podem ser considerados instantâneos (FORNY

et al., 2011). Essa variável pode influenciar em diversos quesitos da farinha como o revestimento, secagem, granulação e solubilidade.

5.1.5 Solubilidade

O presente estudo detectou que as diferentes concentrações de agentes não influenciaram significativamente ($p>0,05$) na solubilidade das farinhas obtidas, não obtendo modelos ajustados. Os resultados experimentais obtidos demonstram uma solubilidade média de 60,48%. Os índices de solubilidade em água estão relacionados com interações amido-água, que são propriedades importantes na avaliação da adequabilidade do uso de produtos em alimentos reconstituídos (VAN DEN EINDE et al., 2003). É muito importante determinar a solubilidade do produto pois é necessário ter boa solubilidade quando utilizados como ingredientes resultando em melhor qualidade final (MORR et al., 1985).

5.1.6 Carotenoides totais

A variável concentração de carotenoides totais não foi influenciada significativamente ($p>0,05$) pelos diferentes teores de agentes espumantes nas farinhas obtidas, não apresentando nenhum modelo ajustado. Os resultados experimentais obtidos demonstram uma quantidade média de carotenoides de 5103,3021mg/100g.

O mamão possui uma grande quantidade de carotenoides em sua composição e por isso caso tenha sua utilização na produção de produtos alimentícios industrializados, pode garantir a obtenção de um produto de alto valor agregado, que pode ser usado para combater a hipovitaminose A. As farinhas do estudo possuem quantidades consideráveis de carotenoides, isso faz com que elas sejam uma opção prática e rápida, contribuindo para o consumo adequado de carotenoides.

5.1.7 Curva e tempo de secagem do mamão em leito de espuma

Na Figura 17 são apresentadas as curvas de secagem para as diferentes concentrações de agentes espumantes (DCCR) na temperatura de 60 °C, tal como os modelos ajustados.

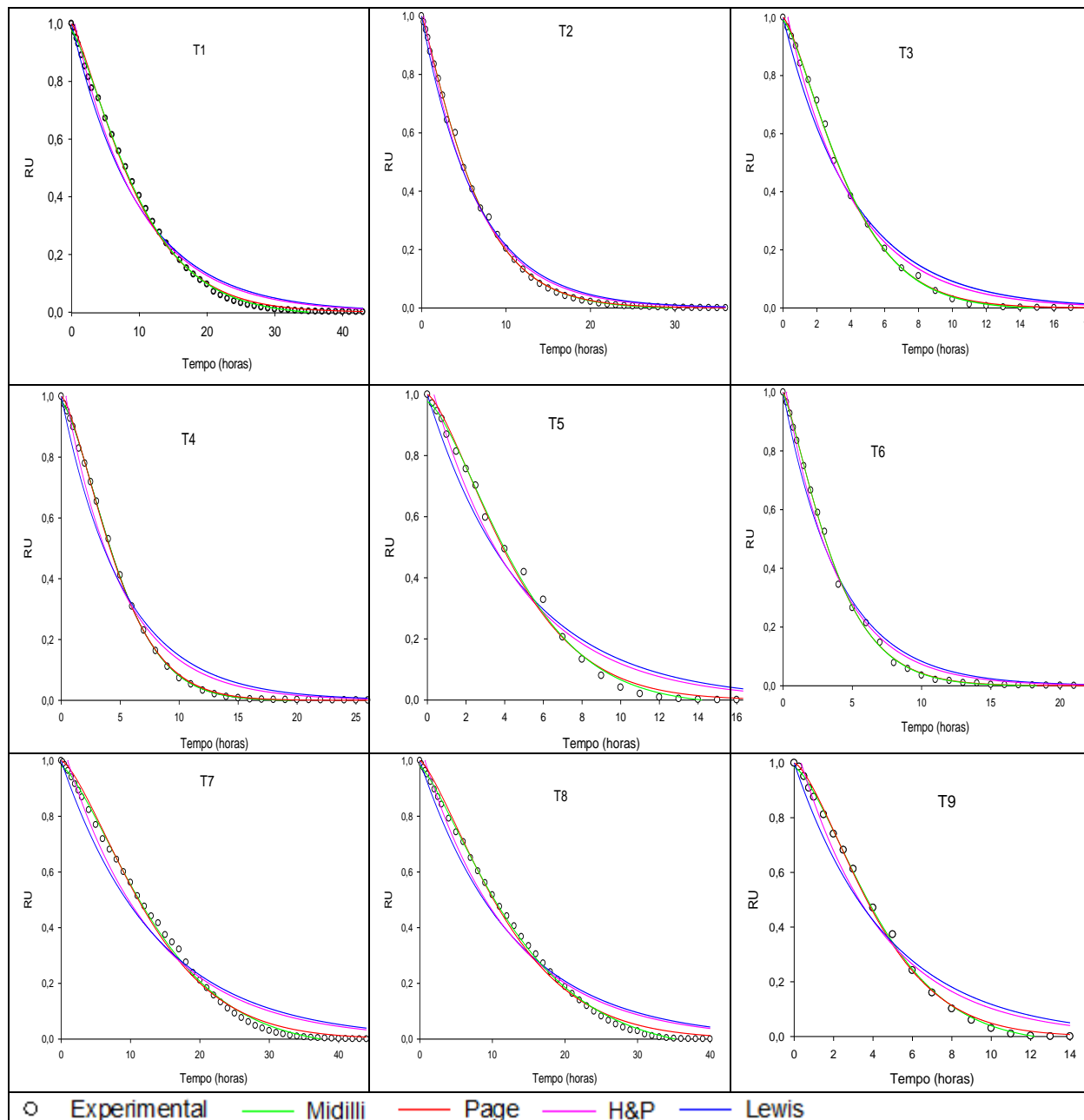


Figura 17 - Curvas de secagem em leito de espuma do extrato de mamão na temperatura de 60 °C em diferentes concentrações de agentes espumante (DCCR). T=Tratamento.

Na figura 17 é observado que as curvas ajustadas pelo modelo de Midilli e Page foram as que mais se aproximaram dos dados experimentais em todos os tratamentos.

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos parâmetros ajustados, o coeficiente de determinação ajustado e o erro padrão da regressão para cada um dos modelos.

Tabela 4- Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da regressão para os modelos ajustados em diferentes concentrações de agentes.

Tratamento	Modelo	k	N	a	B	R ² adj	Erro padrão
1	Lewis	0,0987	-	-	-	0,9893	0,0380
	H&P	0,1038	-	1,047	-	0,9915	0,0338
	Page	0,0525	1,26	-	-	0,9983	0,0153
	Midilli	0,0461	1,2951	0,9767	-0,0003	0,9990	0,0118
2	Lewis	0,154	-	-	-	0,9950	0,0246
	H&P	0,1617	-	1,0437	-	0,9968	0,0196
	Page	0,1095	1,1709	-	-	0,9930	0,0089
	Midilli	0,1076	1,1748	0,9955	-0,0001	0,9994	0,0088
3	Lewis	0,2388	-	-	-	0,9833	0,0496
	H&P	0,2599	-	1,0748	-	0,9889	0,0404
	Page	0,1443	1,3471	-	-	0,9990	0,0124
	Midilli	0,1378	1,3562	0,9901	-0,0003	0,9990	0,0121
4	Lewis	0,1917	-	-	-	0,9801	0,0536
	H&P	0,2099	-	1,0852	-	0,9867	0,0438
	Page	0,0905	1,437	-	-	0,9995	0,0086
	Midilli	0,08	1,4931	0,9814	-0,00005	0,9997	0,0063
5	Lewis	0,2026	-	-	-	0,9745	0,0624
	H&P	0,2206	-	1,0782	-	0,9810	0,0539
	Page	0,1016	1,4137	-	-	0,9966	0,0229
	Midilli	0,089	1,4582	0,9761	-0,01	0,9973	0,0202
6	Lewis	0,2485	-	-	-	0,9901	0,0366
	H&P	0,2672	-	1,0623	-	0,9937	0,0293
	Page	0,1707	1,2667	-	-	0,9993	0,0100
	Midilli	0,1652	1,2821	0,993	-0,00005	0,9992	0,0101
7	Lewis	0,0735	-	-	-	0,9725	0,0605
	H&P	0,079	-	1,0766	-	0,9791	0,0527
	Page	0,022	1,4316	-	-	0,9966	0,0212
	Midilli	0,021	1,4222	0,9797	-0,0007	0,9981	0,0158
8	Lewis	0,0785	-	-	-	0,9789	0,0522
	H&P	0,0833	-	1,0609	-	0,9833	0,0465
	Page	0,0304	1,3481	-	-	0,9968	0,0202
	Midilli	0,0304	1,3129	0,9801	-0,0011	0,9990	0,0116
9	Lewis	0,2139	-	-	-	0,9681	0,0699
	H&P	0,0236	-	1,0882	-	0,9775	0,0587
	Page	0,1024	1,4702	-	-	0,9979	0,0179
	Midilli	0,0954	1,4766	0,984	-0,0017	0,9987	0,0139

É possível constatar na figura 17 e na Tabela 4 que os modelos de Page e Midilli representaram de forma satisfatória a cinética de secagem do extrato de mamão em leite de espuma, apresentando coeficiente de determinação ajustado maior que 0,99. No entanto, o modelo de Midilli foi o que demonstrou melhor ajuste nos dados experimentais apresentando maiores valores de coeficiente de determinação e menores valores do erro padrão da regressão. É importante para otimização do processo de secagem que se obtenha informações teóricas do comportamento do produto durante a remoção da água e para isso são realizadas simulações com modelos matemáticos que exemplificam de uma forma satisfatória a perda da água do produto no momento da secagem (BERBET et al., 1995; GONELI et al., 2014; SANTOS et al., 2013).

Alguns estudos obtiveram o mesmo comportamento de secagem do presente estudo. Costa et al. (2015) observaram ao ajustar diversos modelos matemáticos, que o modelo que representou melhor os processos de secagem dos frutos de *Crambe abyssinica* foi o de Midilli. Reis (2011) realizou a secagem da pimenta Cumari do Pará e o modelo matemático que melhor se ajustou foi o modelo de Midilli. Em um trabalho com modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi, o modelo de Midilli também foi o que obteve um melhor comportamento (LEITE et al., 2017).

O tempo de secagem foi estimado e o gráfico de superfície de resposta foi determinado através do modelo encontrado (Figura 18).

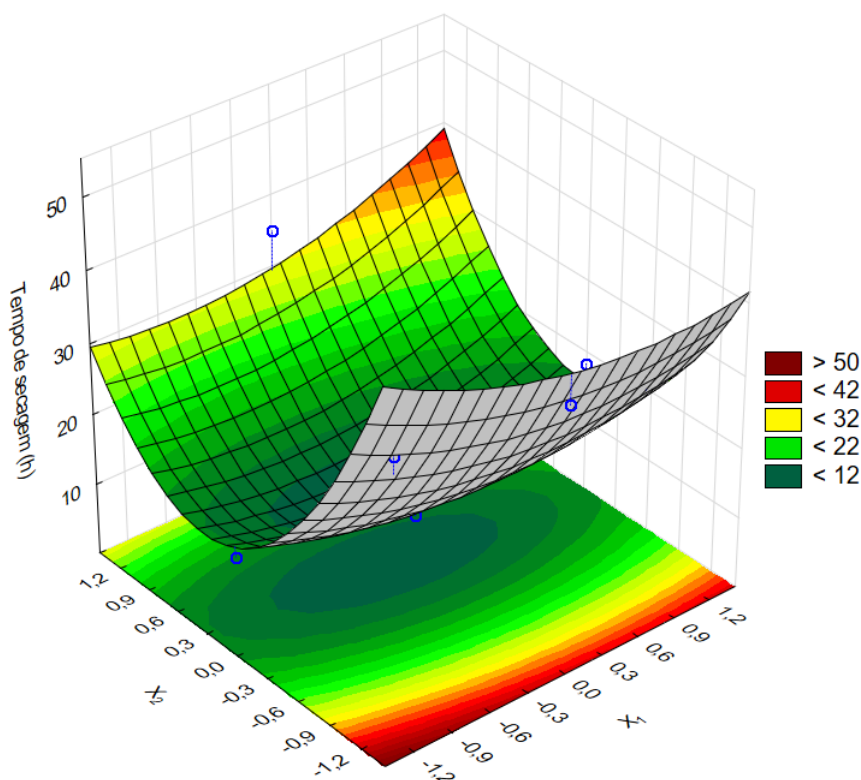


Figura 18 - Gráfico de superfície de resposta do tempo de secagem função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

Ao analisar a Figura 18 estimada pelo modelo, verifica-se que maiores tempos de secagem são previstos nas menores concentrações de maltodextrina (x_1) e maiores de emustab® (x_2). Ou seja, o modelo previu que menores tempos de secagem são alcançados com concentrações elevadas Emustab® e baixa de maltodextrina. Ekpong e colaboradores (2016) relataram que o Emustab® possui em sua composição compostos emulsificantes e estabilizantes que reduzem o tempo de secagem pois aperfeiçoa a formação de uma estrutura porosa aumentando a área de troca de calor e massa, sendo assim amplia a taxa de transferência.

Um tempo de secagem reduzido é importante para preservar as características sensoriais, nutricionais e funcionais do alimento pois quanto menos o produto ficar exposto a temperatura de secagem, maior a preservação dos compostos (SOUZA, 2011).

5.1.8 Otimização das concentrações dos agentes espumantes através da função desejabilidade

Para os cálculos da desejabilidade individual das variáveis respostas que se desejam minimizar, o valor alvo (T) considerado foi o valor mínimo estimado para essas variáveis respostas pelos modelos ajustados dentro do intervalo para as variáveis codificadas de -1,4142 a +1,4142 e o limite superior admissível (U) foi o valor máximo estimado dentro do mesmo intervalo. Para as variáveis respostas que se desejam maximizar, o valor alvo (T) considerado foi o valor máximo estimado para essas variáveis respostas pelos modelos ajustados dentro desse intervalo e o limite inferior admissível (L) foi o valor mínimo. Os valores estabelecidos para as variáveis utilizadas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores limite das variáveis resposta utilizadas na função desejabilidade.

Objetivo	Variável	L	T	U
Minimizar	Massa específica	-	0,2372	0,7492
	Atividade de água	-	0,1504	0,2609
	Umidade	-	4,5313	16,7935
	Tempo de molhabilidade	-	0	37,9896
	Tempo de secagem	-	10,4808	41,3578

A desejabilidade máxima foi igual a 0,8840, obtida em valores das variáveis codificadas x_1 igual a -1,3859 e x_2 igual a 0,2546, o que corresponde a um tratamento que adiciona 0,05 % de maltodextrina (x_1) e 2,95% de emustab® (x_2) para a formação da espuma de extrato de mamão. Após realizar os cálculos da desejabilidade, obteve-se um gráfico de superfície de resposta (Figura 19), que apresenta o perfil da desejabilidade global, definida de acordo com os valores limites escolhidos.

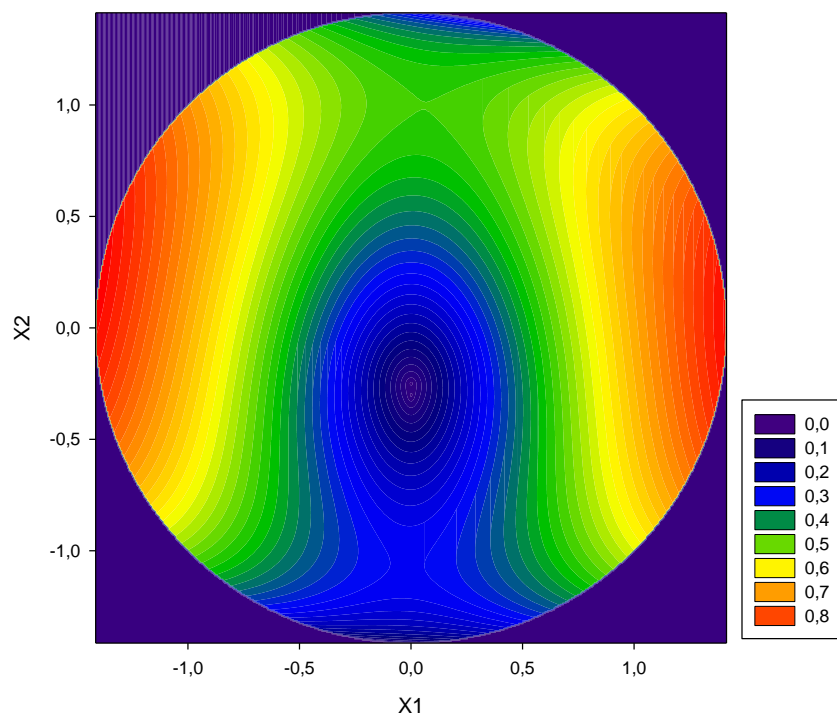


Figura 19 - Gráfico da desejabilidade global para as concentrações de maltodextrina (x_1) e emustab (x_2)

O gráfico apresenta os níveis de fatores que representam o conjunto de respostas mais satisfatório, estabelecendo um ponto ótimo do processamento, dentro da região estudada.

5.1.9 Características físico-químicas das farinhas

As variáveis pH, acidez, L^* , b^* , C^* e h^* foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelos agentes espumantes, e somente a variável a^* não foi influenciada significativamente. Na Tabela 6 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2). A coordenada a^* , não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) entre as farinhas de mamão nos tratamentos analisados.

Tabela 6. Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis significativas.

Variável	Modelo ajustado	R^2
pH	$\hat{y} = 4,9524 + 0,0801x_1 + 0,2495x_2 - 0,1116x_2^2$	0,7651
Acidez	$\hat{y} = 7,2211 - 2,5161x_1 + 1,4213x_1^2 + 4,6547x_2^2 - 6,2242x_1x_2$	0,8797
L*	$\hat{y} = 73,1276 + 1,2721x_1 + 4,2906x_2 - 3,4893x_2^2 - 2,6242x_1x_2$	0,8806
b*	$\hat{y} = 34,1244 - 0,9075x_1 - 2,0383x_1^2 + 1,3851x_2 - 3,855x_2^2 - 1,4942x_1x_2$	0,9569
C*	$\hat{y} = 37,3643 - 0,9956x_1 - 1,246x_1^2 + 0,3021x_2 - 2,5932x_2^2 - 1,0902x_1x_2$	0,9587
h*	$\hat{y} = 1,1512 - 0,0585x_1^2 + 0,0604x_2 - 0,0871x_2^2 - 0,0321x_1x_2$	0,7772

$x_1 = \% \text{ maltodextrina}$ $x_2 = \% \text{ emustab}$

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das variáveis apresentadas, obtendo um bom R^2 .

5.1.9.1 pH

É possível verificar no gráfico de superfície de resposta do pH (Figura 20) que os dois agentes contribuem para o aumento do pH, sendo que a contribuição da maltodextrina é mais pronunciada.

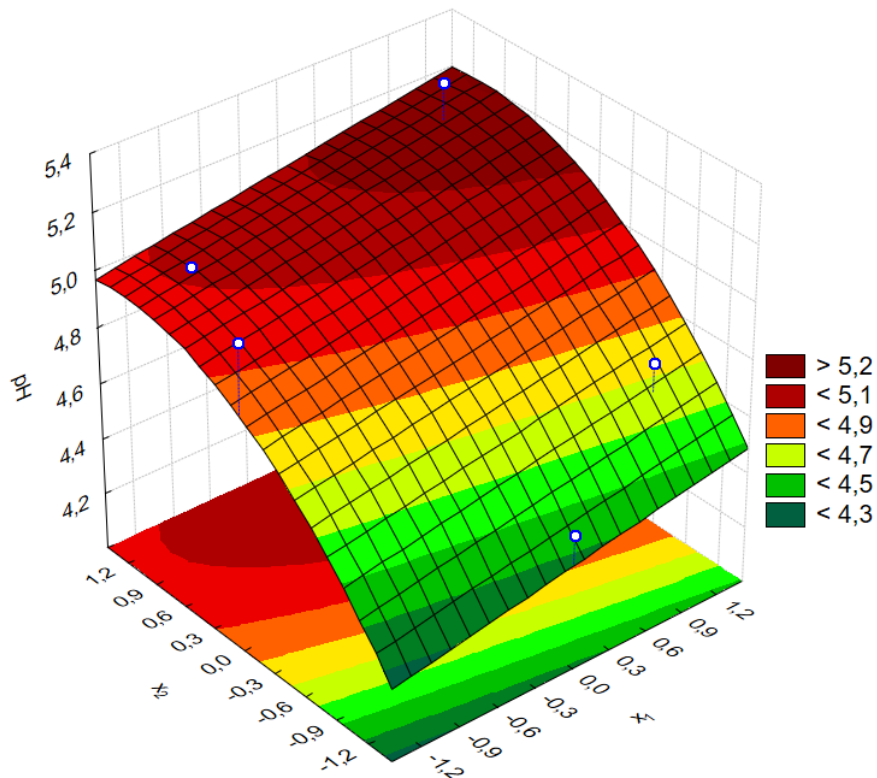


Figura 20 – Gráfico de superfície de resposta do pH das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

O valor médio de pH obtidos no estudo foi de 4,87. Maciel (2017) encontrou pH variando de 5,17 a 5,50 em pós de café produzidos por leite de espuma, sendo que a adição dos agentes contribuiu para aumentar o pH dos pós, comportamento semelhante ao presente estudo. Em um estudo com farinha de banana verde, encontrou-se valores médio de pH de 5,94 (TRIBESS, 2009).

5.1.9.2 Acidez

A Figura 21 demonstra o gráfico de superfície de resposta da acidez. O gráfico apresenta um ponto de sela próximo ao ponto central, com a acidez diminuindo quando as concentrações dos dois agentes, a partir do ponto de sela, diminuem simultaneamente ou aumentam simultaneamente e a acidez aumentando quando as concentrações dos dois agentes, a partir do ponto de sela, variam em sentidos opostos.

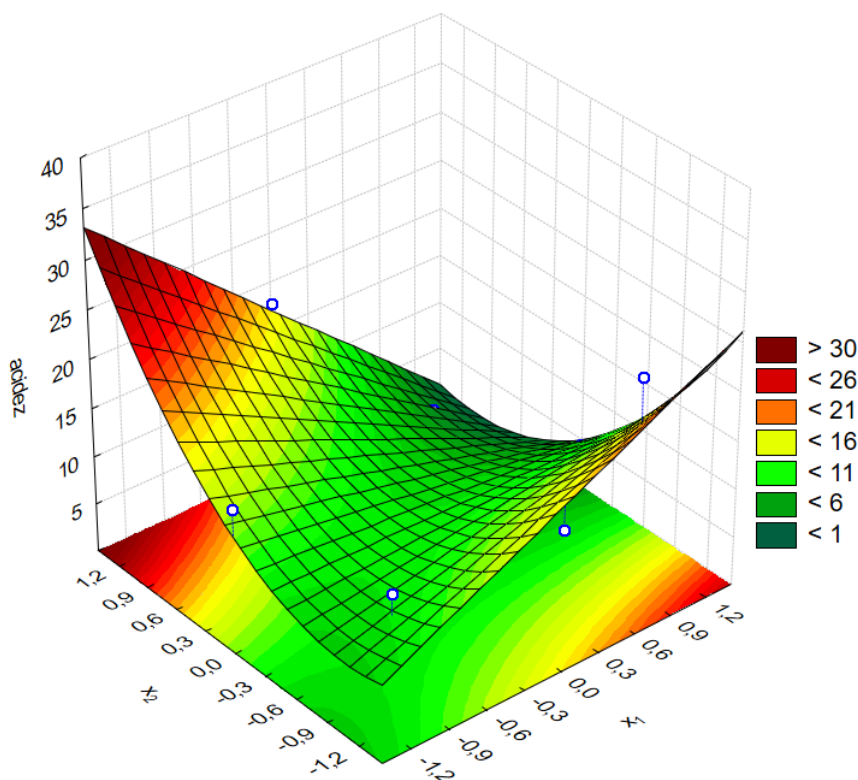


Figura 21 – Gráfico de superfície de resposta da acidez (g/cm³) das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x₁) e emustab® (x₂).

5.1.9.3 Cor

Nas figuras 22, 23, 24 e 25, é observado um comportamento parecido de acordo com os agentes avaliados em relação às variáveis de cor. Verifica-se que em teores médios de emustab® e maltodextrina resultaram em valores maiores de L*, b*, C* e h°. Porém quando se tem quantidades baixas de maltodextrina, contribui para reduzir os valores dessas variáveis.

Segundo Ramos e colaboradores (2007), o valor de L* indica luminosidade, a qual varia de 0 (preto) a 100 (branco), indicando se a cor é clara ou escura, no presente estudo os resultados dos 11 tratamentos (farinhas) variaram de 58,06 a 74,33, indicando que as farinhas tendem para cor mais clara.

Em relação à coordenada a*, ela indica variação entre verde (-a) a vermelho (+a) as farinhas variaram entre 14,37 a 22,54, apresentando maior tendência ao vermelho.

A coordenada b^* determina que valores maiores de b^* indicam maior tendência ao amarelo e quanto menor o valor maior a tendência ao azul. As farinhas dos 11 tratamentos variaram de 23,23 a 34,90, ou seja, tendem a cor amarela.

O croma (Cr) representa a nitidez, intensidade da cor do produto, ou também definido como a quantidade de cor que diferencia a cor mais forte da cor mais fraca (MARTINAZZO, 2006). Os valores de C^* variaram de 31,99 a 37,36, sendo assim são farinhas com colorações nítidas e intensas, com claridade.

Segundo TIBOLA (2005) o h° (ângulo hue) é a intensidade da cor expressa em graus, e se inicia em 0° representando a +a (vermelho), 90° indica a +b (amarelo), 180° indica -b (verde) e 270° indica -a (azul). Os valores do ângulo h° variaram de 0,80 a 1,15 correspondendo a intensidade mais próxima ao vermelho.

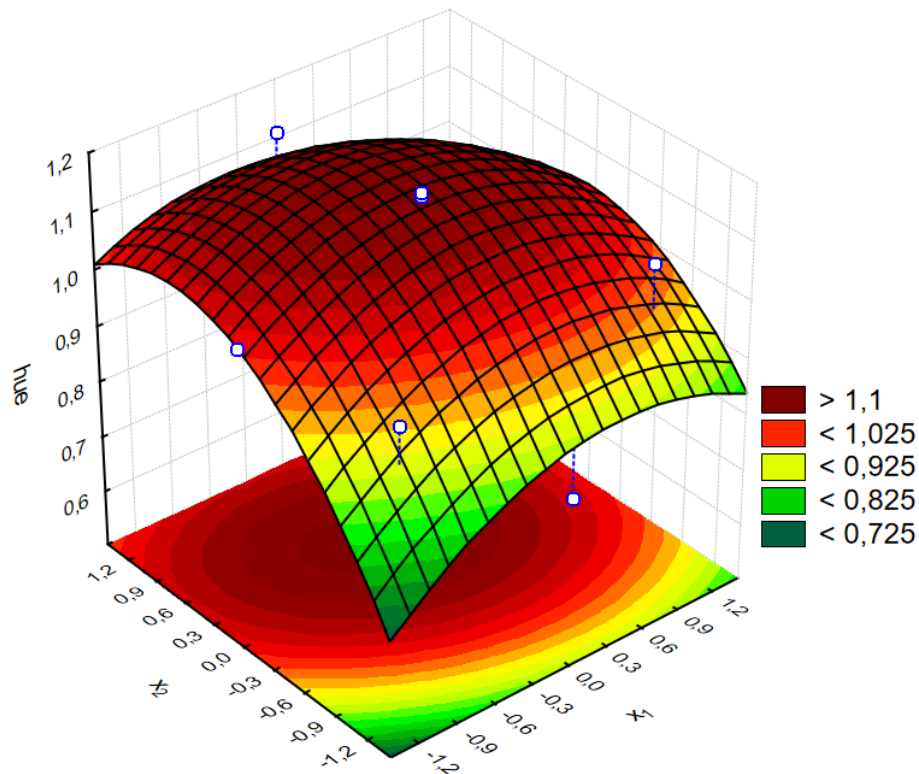


Figura 22 – Gráfico de superfície de resposta do ângulo h° das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

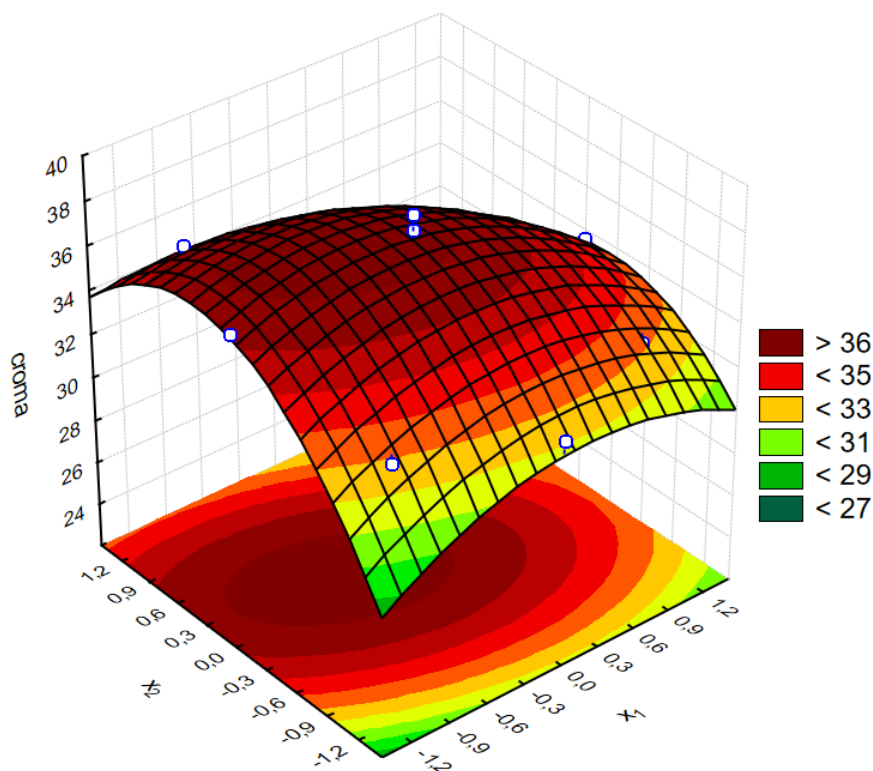


Figura 23 – Gráfico de superfície de resposta da coordenada C* das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

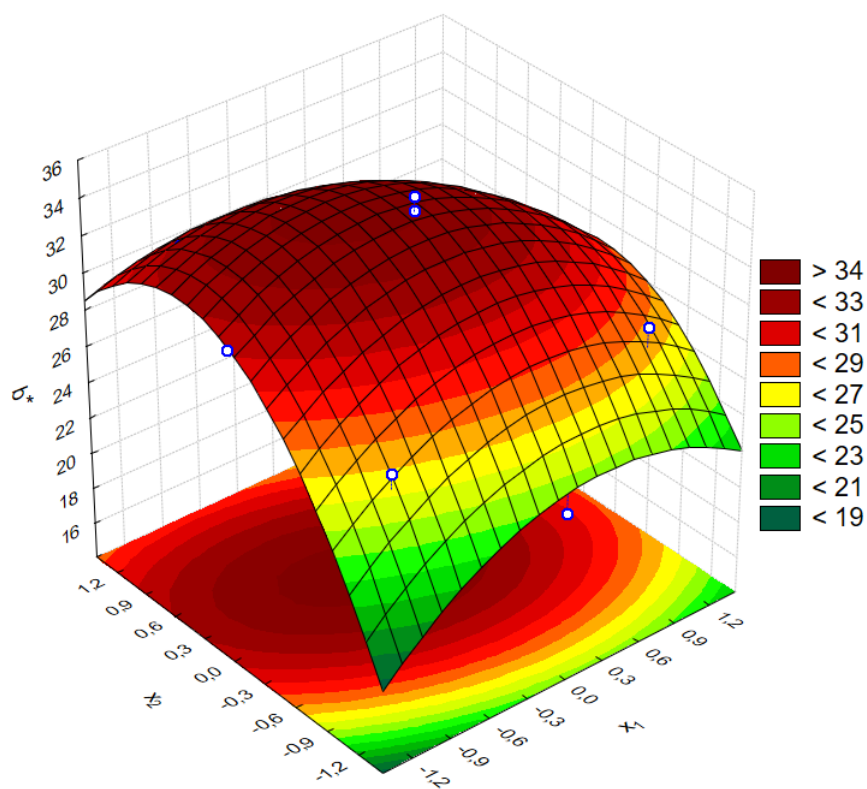


Figura 24 – Gráfico de superfície de resposta da coordenada b* das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

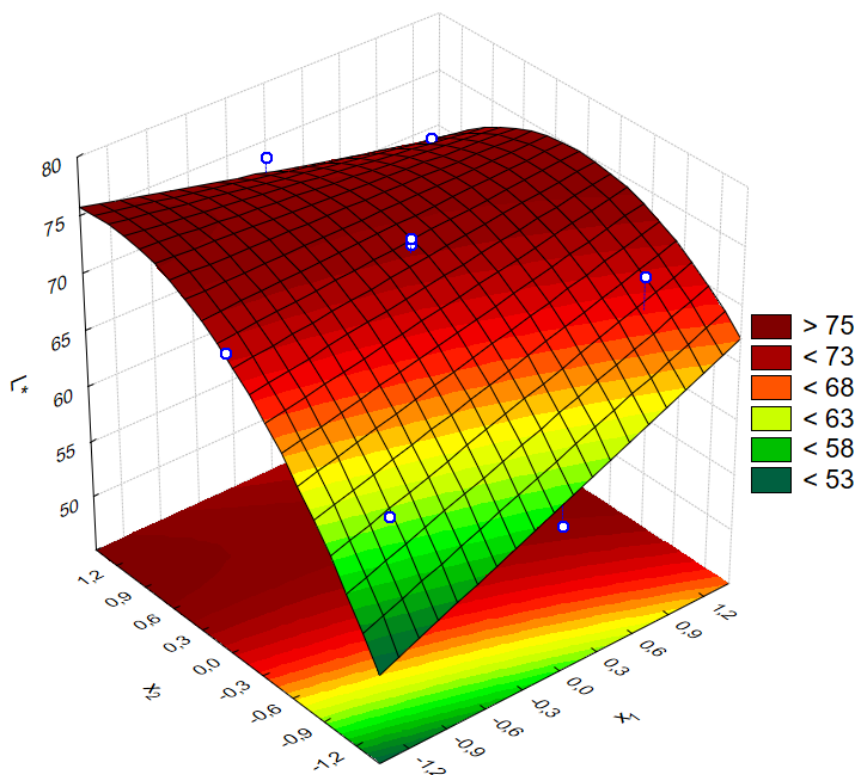


Figura 25 – Gráfico de superfície de resposta da coordenada L* das farinhas em função dos agentes maltodextrina (x_1) e emustab® (x_2).

5.2 Influência da temperatura de secagem do mamão em leito de espuma utilizando as concentrações dos agentes espumantes já otimizadas

Os processos de secagem realizados na temperatura de 60°C variando o teor de agentes espumantes determinou que o ponto ótimo dos agentes é de: 0,05% de maltodextrina e 2,95% de emustab®. Sendo assim nesta etapa do estudo foi fixado a quantidade dos agentes e a secagem foi realizada em diferentes temperaturas (40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C). As análises realizadas que podem influenciar no processo de otimização nesta fase do estudo são: atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade, solubilidade, carotenoides e tempo de secagem. Foi verificado que as variáveis: atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem foram influenciadas significativamente (<0,05) pelas diferentes temperaturas, portanto, foram testados modelos matemáticos que explicassem o comportamento

dessas variáveis. Na Tabela 7 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis atividade de água, umidade e tempo de molhabilidade.

Tabela 7. Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis significativas.

Variável	Modelo ajustado	R^2
a_w	$\hat{y} = 0,1540 + 9,2247 e^{-0,09155 T}$	0,9023
Umidade	$\hat{y} = 6,8675 + 35,7619 e^{-0,03439 T}$	0,9885
Tempo de molhabilidade	$\hat{y} = 6513,3122 e^{-0,1010 x}$	0,9718

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das variáveis apresentadas, obtendo um bom R^2 .

5.2.1 Atividade de água

A menor atividade de água foi encontrada na temperatura de 80 °C (0,156), enquanto a maior na temperatura de 40 °C (0,387). Ao analisar a Figura 26, nota-se que a variável resposta atividade de água decai de acordo com o aumento da temperatura de secagem.

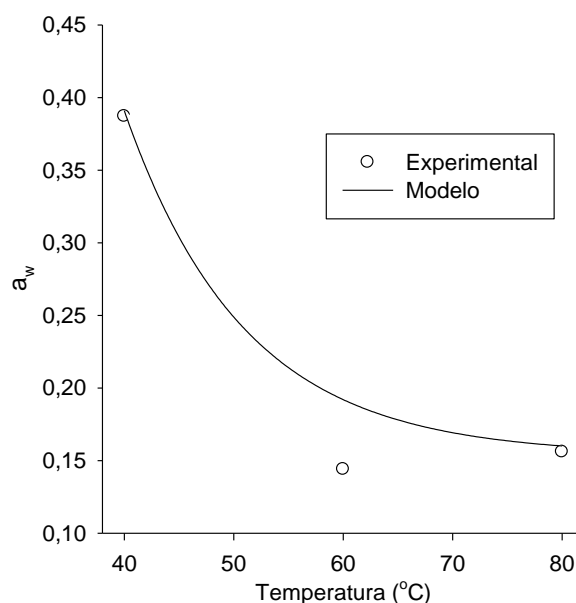


Figura 26 - Atividade de água das farinhas em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

Em um estudo com manga ubá em leite de espuma, Freitas (2016) encontrou valores de atividade de água entre 0,39 e 0,57, enquanto Baptestini (2015) encontrou em pó de graviola valores entre 0,44 e 0,54. O presente estudo obteve valores de atividade de água variando entre 0,156 e 0,387, inferiores aos estudos encontrados na literatura. Este resultado é positivo, pois uma menor atividade de água proporcionando maior estabilidade e vida útil, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e retardando deteriorações de origem físico-químicas (CANO-CHAUCA et al., 2004).

5.2.2 Umidade

Na Figura 27, observa-se que conforme a temperatura de secagem aumenta, a umidade das farinhas decai.

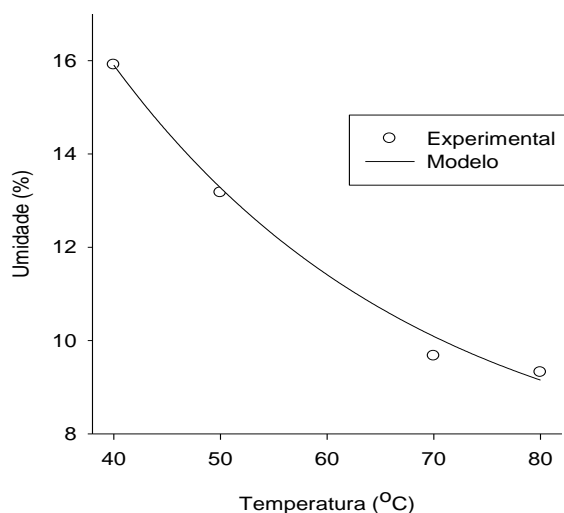


Figura 27 - Umidade das farinhas em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

Existem estudos variados que determinaram a umidade de alimentos secos em leite de espuma: pó de espuma de beterraba (8,19% a 12,85%) (SANTOS, 2018), pó de espuma de manga (6,65% a 8,05%) (MANÇANO, 2018), pó de espuma e cupuaçu (5,95%) (SOUZA, 2011). O presente estudo obteve 15,91% (40°C), 13,17% (50°C), 11,76% (60°C), 9,67% (70 °C) e 9,32% (80 °C). Exceto o tratamento com temperatura

de 40°C, todas as outras farinhas atendem a legislação que determina que as farinhas devem apresentar teor de umidade inferior a 15%.

5.2.3 Tempo de Molhabilidade

A molhabilidade, determinada pelo tempo de molhamento, foi mínima na temperatura de 80 °C (média de 43,66 segundos) e máxima na temperatura de 40°C (média de 112,66 minutos), conforme pode ser observado na Figura 28.

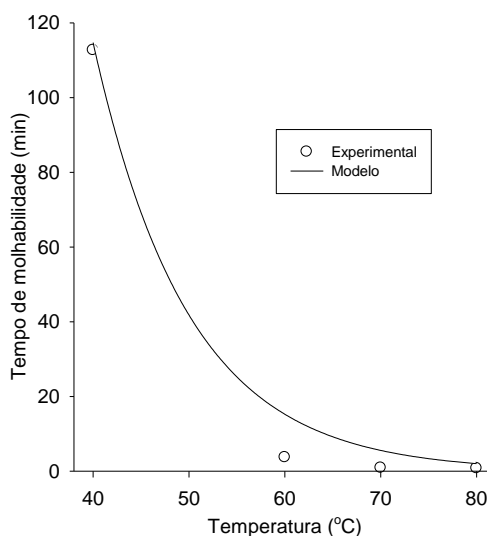


Figura 28 – Tempo de molhabilidade das farinhas em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

Assim constata-se que o tempo de molhabilidade das farinhas nas temperaturas de 60, 70 e 80°C pode ser considerada instantâneas por possuírem um tempo de molhabilidade menor (FORNY et al., 2011). Maciel (2017) encontrou um tempo de molhabilidade máximo de 60 segundos para o café em pó. Já Fernandes e colaboradores (2014) verificou um tempo de molhabilidade acima de 4 minutos em pó de óleo de essencial de alecrim. O tempo de molhabilidade varia de acordo com a composição do produto (FORNY et al., 2011).

5.2.4 Solubilidade e Carotenoides

O emprego de diferentes temperaturas de secagem não exerceu influência significativa ($p>0,05$) na solubilidade das farinhas e na concentração de carotenoides

totais. A solubilidade média foi 53,97%. Santos (2018) identificou uma solubilidade de 65,86% a 82,74% de pós de beterraba em leite de espuma, já Azizpour e colaboradores (2016) observou em pós de camarão uma variação de 18,06 a 19,58% de solubilidade. Witsaon e colaboradores (2014) determinou a solubilidade em pó de manga encontrando variação de 51,83% a 66,65%.

Para os carotenoides a média das concentrações nas farinhas de mamão foi de 10,0090 mg/100g, valores superiores ao mamão *in natura* que possui em média 3137,5 µg/100g (OLIVEIRA et al., 2011). Segundo Haegele et al., (2000), o mamão é constituído de carotenoides os quais desempenham alguns papéis fundamentais na saúde humana. Pesquisas sugerem que a ingestão dessas substâncias está associada à redução do risco de diversas doenças devido seu potencial antioxidante, além de alguns carotenoides presentes no mamão, como a β-criptoxantina e o β-caroteno possuírem atividade de vitamina A (HAEGELE et al., 2000). A deficiência de vitamina A constitui um grave problema de saúde no Brasil e considerando que o país é um dos maiores produtores de mamão do mundo, o emprego destas farinhas ricas em carotenoides na alimentação da população seria uma forma de ajudar a prevenir ou diminuir a prevalência da hipovitaminose A.

5.2.5 Curvas e tempo de secagem

É demonstrado na Figura 29 os pontos experimentais da secagem de acordo com as diferentes temperaturas testadas, tal como os modelos ajustados.

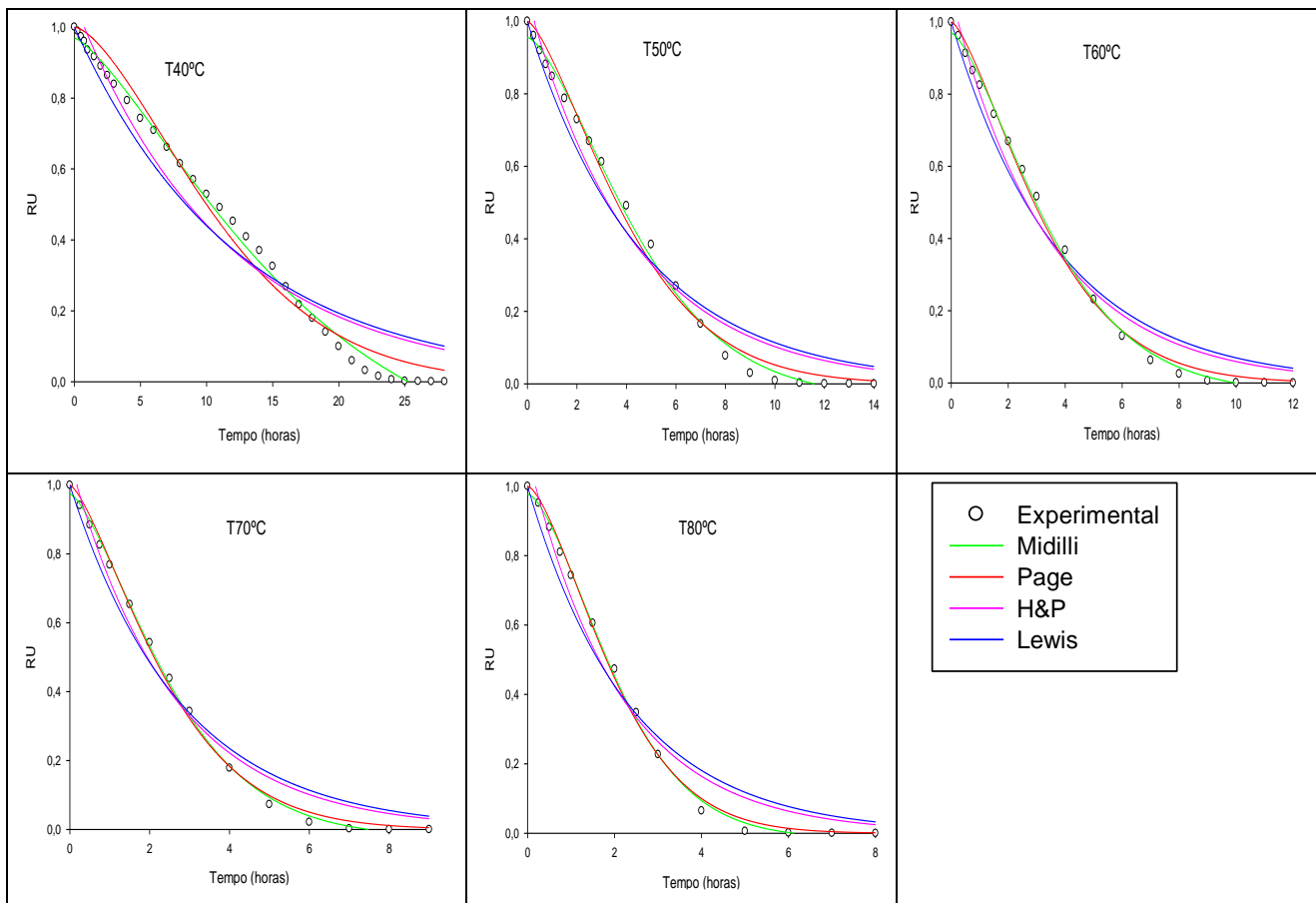


Figura 29 – Curvas de secagem do extrato de mamão em leite de espuma em diferentes temperaturas. T: temperatura.

Na figura 29 é observado que modelo de Midilli foi o que mais se aproximou dos dados experimentais em todos os tratamentos. Na Tabela 8 são apresentados os valores dos parâmetros, o coeficiente de determinação ajustado e o erro padrão da regressão para cada modelo ajustado.

Tabela 8 – Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da regressão para os modelos ajustados em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Modelo	k	N	A	b	R ² adj	Erro padrão
40	Lewis	0,0822	-	-	-	0,9486	0,0825
	H&P	0,0881	-	1,067	-	0,9545	0,0776
	Page	0,0195	1,5508	-	-	0,9854	0,0439
	Midilli	0,0211	1,3989	0,9694	-0,0056	0,9951	0,0254
50	Lewis	0,2174	-	-	-	0,9670	0,0701
	H&P	0,2339	-	1,0654	-	0,9715	0,0615
	Page	0,111	1,4246	-	-	0,9920	0,0345
	Midilli	0,085	1,5155	0,9554	-0,0025	0,9954	0,0262
60	Lewis	0,2666	-	-	-	0,9721	0,0646
	H&P	0,2894	-	1,0716	-	0,9777	0,0577
	Page	0,154	1,4119	-	-	0,9960	0,0245
	Midilli	0,1316	1,4687	0,9689	-0,002	0,9976	0,0190
70	Lewis	0,3619	-	-	-	0,9741	0,0615
	H&P	0,3932	-	1,0709	-	0,9795	0,0546
	Page	0,2447	1,3972	-	-	0,9970	0,0208
	Midilli	0,2192	1,4408	0,9743	-0,0024	0,9982	0,0163
80	Lewis	0,4274	-	-	-	0,9648	0,0734
	H&P	0,4735	-	1,091	-	0,9733	0,0640
	Page	0,2811	1,517	-	-	0,9970	0,0214
	Midilli	0,2545	1,5762	0,9773	-0,0019	0,9975	0,0195

Observa-se na Tabela 8 que o modelo de Midilli foi o que apresentou melhor ajuste em todos os tratamentos, obtendo maiores valores de coeficiente de determinação e menor erro padrão da regressão. A razão de umidade diminuiu rapidamente no início e, e em seguida diminuiu lentamente de acordo com que se aumentava o tempo de secagem. Resultados com comportamentos semelhantes foram obtidos por (Goyal et al., (2007), Rocha (2013), Azizpour et al. (2014) e Qadri e Srivastava (2015), Maciel (2017) e Pereira (2018). Um estudo de secagem com acerola em leite de espuma confirma que o modelo de Midilli também se ajustou de forma mais satisfatória aos dados (PAULA, 2020).

Como o modelo de Midili também obteve o melhor ajuste para essa fase do experimento, foi utilizado para estimar o tempo de secagem nas cinco temperaturas testadas. A partir dos tempos de secagem estimados pelo modelo de Midili, verificou-se um decaimento exponencial com o aumento da temperatura, ajustando-se o modelo a seguir, o qual apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9846.

$$\hat{y} = 6,8395 + 2055,787 e^{-0,1181 T}$$

Na Figura 30 é apresentado o tempo de secagem estimado pelo modelo.

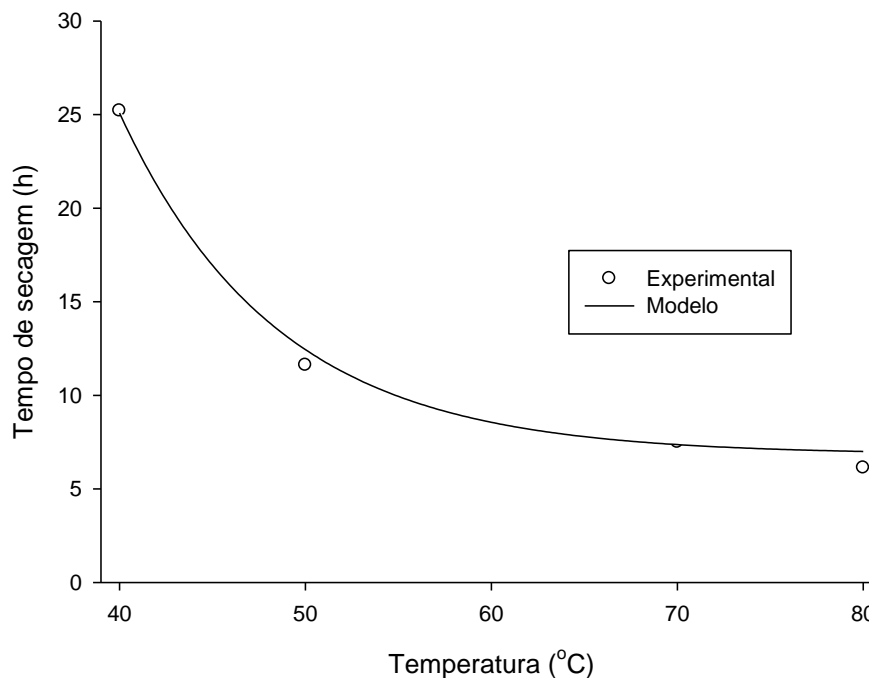


Figura 30 – Tempo de secagem em função da temperatura do ar de secagem.

Observa-se que no intervalo de temperatura estudado quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor o tempo gasto para realizar a secagem, e um tempo médio de secagem reduzido é importante para indústria pois diminui o custo de produção (TAVARES et al., 2019).

Comportamento semelhante foi observado por outros autores ao utilizarem o leite de espuma para a secagem em abacate (ALVES; RODOVALHO, 2016), manga (LOBO et al., 2017), morango (VIMERCATI et al., 2019) e limão (DEGHANNYA et al. (2019).

5.2.6 Otimização da temperatura

Analisando os dados (Tabela 9) das variáveis que foram significativamente influenciadas pela temperatura, é possível observar que para as farinhas produzidas na temperatura de 80°C tem-se os menores valores de atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem. Os modelos ajustados demonstram que a temperatura de secagem de 80°C tendem a ter resultados favoráveis das variáveis.

Tabela 9- Resultado das variáveis significativas para a secagem do leite de espuma.

Temperatura (°C)	AW	Umidade (%)	Tempo de Molhabilidade (segundos)	Tempo de secagem (h)
40	0,387	15,91	112,00	25,21
50	0,273	13,17	52,33	11,61
60	0,144	11,76	3,66	10,01
70	0,201	9,67	0,51	7,49
80	0,156	9,32	0,43	6,13

É desejável que essas variáveis tenham menores valores pois quanto menor a umidade e atividade de água, menor a chance da ocorrência de reações enzimáticas e crescimento microbológico. É importante um tempo de secagem menor para o processo de produção e também um tempo de molhabilidade reduzido para que as farinhas possam ser consideradas instantâneas. E considerando também que a concentração dos carotenoides nas farinhas não sofreu influência da temperatura, as farinhas obtidas pela a secagem a 80°C não seriam afetadas em relação a quantidade desse composto. Levando isso em consideração, conclui-se que a melhor temperatura para a produção de farinha de mamão em leite de espuma é a de 80°C por possuir os valores das variáveis mais desejáveis para a qualidade do processo e do produto, de acordo com os modelos ajustados.

5.2.7 Características físico-química das farinhas

As variáveis pH, acidez, L*, a*, b*, C e H foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelas temperaturas. Na Tabela 10 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 10 - Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis significativas.

Variável	Modelo ajustado	R^2
pH	$\hat{y} = -0,8450 + 0,1660 x - 0,001176 x^2$	0,9907
Acidez	$\hat{y} = 105,29582,5548 x - 0,01825 x^2$	0,9455
L*	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-
a*	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-
b*	$\hat{y} = 28,1132 + 0,000354 e^{0,1234 x}$	0,9213
C	$\hat{y} = 32,7793 + 0,01660 e^{0,0766 x}$	0,8447
H	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das variáveis apresentadas, obtendo um bom R^2 .

5.2.7.1 pH

Ao analisar o gráfico (Figura 31), nota-se que conforme a temperatura aumenta, o pH também aumenta até uma determinada temperatura (um pouco maior que 70°C) a partir da qual o pH passa a cair.

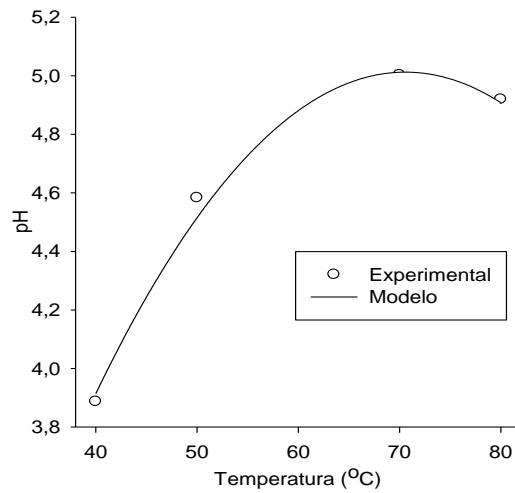


Figura 31 - pH das farinhas em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

Segundo Gava (1998), produtos desidratados acabam sofrendo perda de vitaminas e isso reflete nos valores de pH.

5.2.7.2 Acidez

Na Figura 32, observa-se que conforme a temperatura de secagem aumenta, a acidez das farinhas decai até uma temperatura próxima a 70°C, a partir da qual a acidez passa a aumentar.

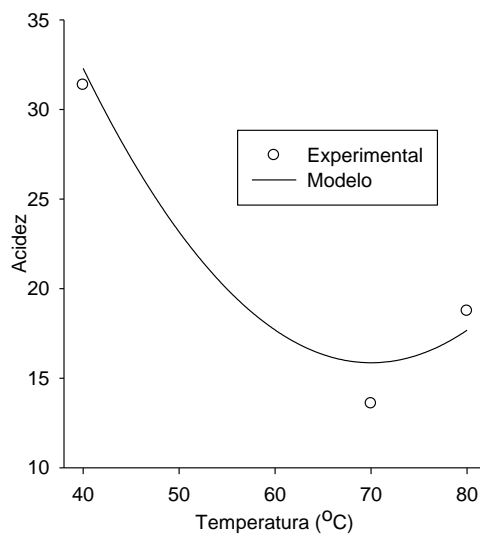


Figura 32 - Acidez (g/cm³) das farinhas em função das temperaturas do ar de secagem.

O comportamento de reduzir a acidez com o aumento da temperatura pode ser justificado pela oxidação de ácidos orgânicos com a temperatura e quanto maior for a temperatura, maior a oxidação dos mesmos (SANTOS, 2018). No caso da elevação a partir de cerca de 70°C, pode ser que o efeito deletério da temperatura seja o mesmo e passe a ter apenas o efeito da concentração dos solutos devido à umidade da farinha diminuir com o aumento da temperatura.

É importante determinar a acidez, pois ela está relacionada com o processo de decomposição através de oxidação, hidrólise ou fermentação de um alimento ou produto, o que influencia em sua conservação (BRASIL, 2005).

5.2.7.3 Cor

Os valores de L* (Figura 33) variaram de 70,56 a 74,68 nas farinhas elaboradas em diferentes temperaturas, indicando que as mesmas tendem a ser mais claras por estarem mais próximas de 100. Em relação à coordenada a* (Figura 34), as farinhas variaram de 16,94 a 20,58, evidenciando a cor vermelha. Para a coordenada b* (Figura 35), os valores obtidos foram entre 27,57 e 35,06, sendo assim quanto maior o valor maior a tendência do amarelo. Os valores de C* (Figura 36) variaram de 32,80 a 40,64 sendo assim são farinhas de boa nitidez e intensidade na coloração, com maior luminosidade. Os valores do ângulo h° variaram de 0,97 a 1,04 correspondendo a intensidade mais próxima ao vermelho.

A cor é um atributo importante a ser avaliado pois afeta na decisão de compra do consumidor considerando que a aparência do produto influencia na associação com a qualidade do mesmo (MIRANDA et al., 2009).

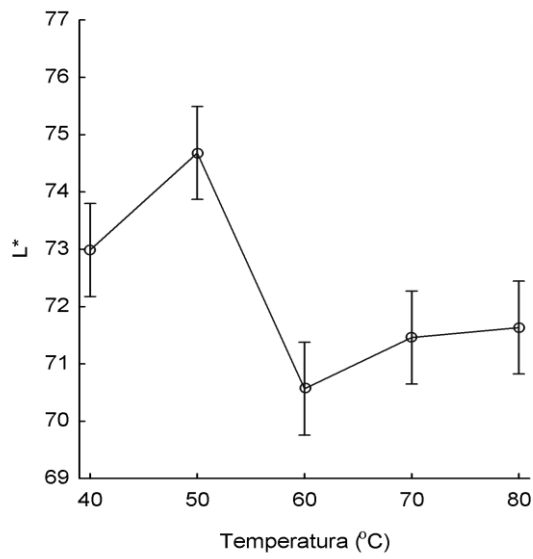


Figura 33 - Dados da coordenada L* das farinhas de mamão em leito de espuma em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

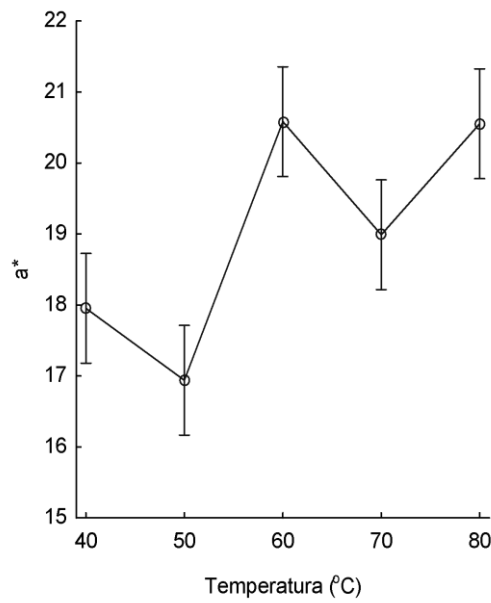


Figura 34 - Dados da coordenada a* das farinhas de mamão em leito de espuma em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

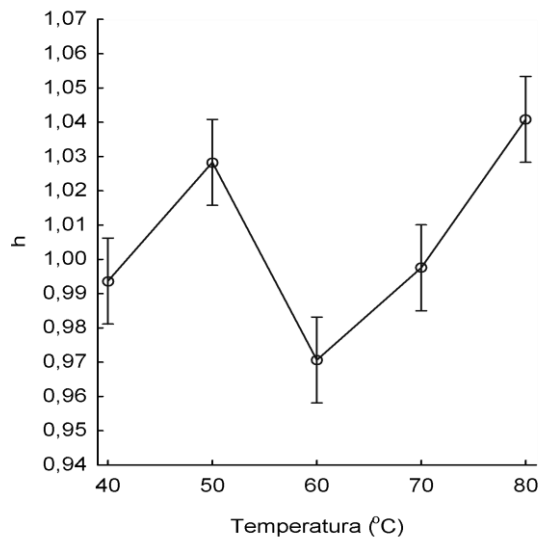


Figura 35 - Dados do ângulo h^0 das farinhas de mamão em leito de espuma em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

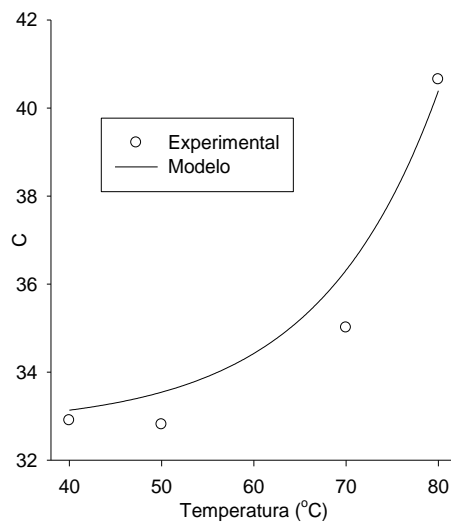


Figura 36 – Curva de regressão ajustada da coordenada C^* das farinhas de mamão em leito de espuma em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

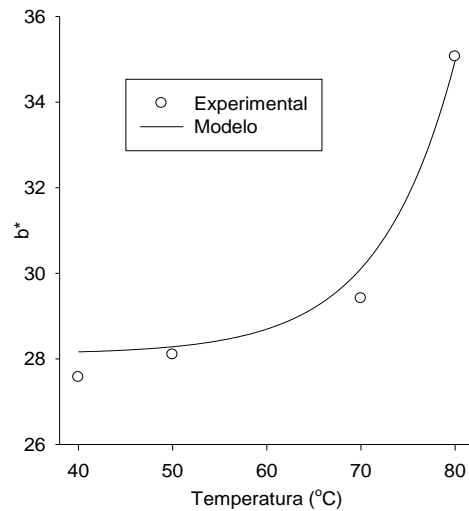


Figura 37 – Curva de regressão ajustada da coordenada b^* das farinhas de mamão em leito de espuma em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

De acordo com os modelos ajustados para as coordenadas b^* e C^* , é possível observar que com o aumento da temperatura, os valores dessas coordenadas também aumentam, sendo maior na temperatura de 80°C . Com os dados experimentais da coordenada a^* e ângulo h° nota-se que a temperatura de 80°C também foi a que apresentou valores mais altos dessas duas variáveis. A coordenada L^* que se diferenciou das outras variáveis apresentando valor maior na temperatura de 50°C .

5.3 Influência da temperatura de secagem do mamão em leito fixo.

Foi verificado que as variáveis atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade, solubilidade, teor de carotenoides totais e tempo de secagem foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelas diferentes temperaturas de secagem, portanto, foram testados modelos matemáticos que explicassem o comportamento dessas variáveis. Na Tabela 11 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade, solubilidade e carotenoides.

Tabela 11. Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R²) para as variáveis significativas.

Variável	Modelo ajustado	R ²
a _w	$\hat{y} = 1,0964 e^{-0,0266x}$	0,9913
Umidade	$\hat{y} = 30,6956e^{-0,0174 x}$	0,7684
Tempo de molhabilidade	$\hat{y} = 67,6571 - 1,8614 x + 0,0164 x^2$	0,5787
Solubilidade	$\hat{y} = 84,8467 e(-0,1818x - 40)^{-0,01}$	0,6757
Carotenoides	$\hat{y} = -636,4063+406,4695 x$	0,7103

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das variáveis apresentadas, obtendo um bom R².

5.3.1 Atividade de água

A Figura 38 demonstra a atividade de água das farinhas em função das temperaturas do ar de secagem. A menor atividade de água foi encontrada na temperatura de 80 °C (0,129), enquanto a maior na temperatura de 40 °C (0,373). Sendo assim, constata-se que obteve o mesmo comportamento que o método de leito de espuma.

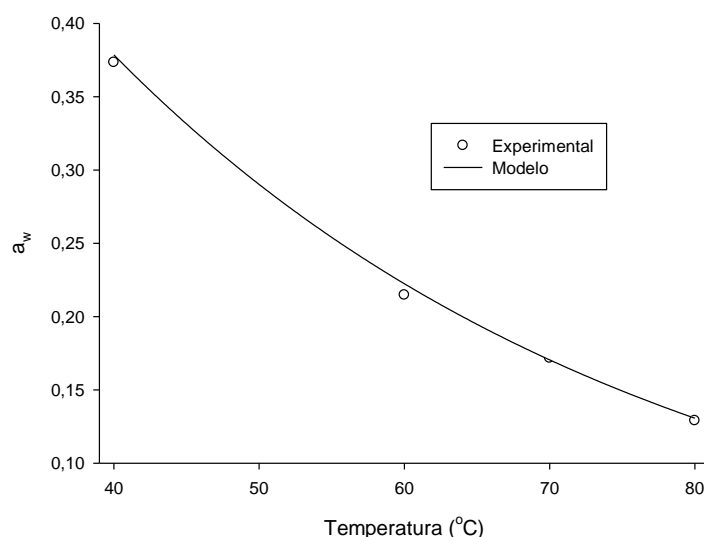


Figura 38 – Atividade de água das farinhas em função das temperaturas do ar de secagem.

Em um estudo com farinha da amêndoa do babaçu elaborado por leite fixo, a atividade de água obteve uma média de 0,195, com valores variando entre 0,080 a 0,304. Cardoso (2012) encontrou em farinha de banana nanicão, valores entre 0,11 a 0,36 de atividade de água. É importante que a atividade de água seja baixa pois resulta em uma melhor conservação do produto uma vez que reduz a ação microbiana e enzimática.

5.3.2 Umidade

Na Figura 39, observa-se que conforme a temperatura de secagem aumenta, a umidade das farinhas decai. O modelo de regressão realizado demonstra que à medida que a temperatura aumenta, a umidade diminui, ou seja, o modelo prevê que, dentro do intervalo testado a umidade será menor a 80 °C.

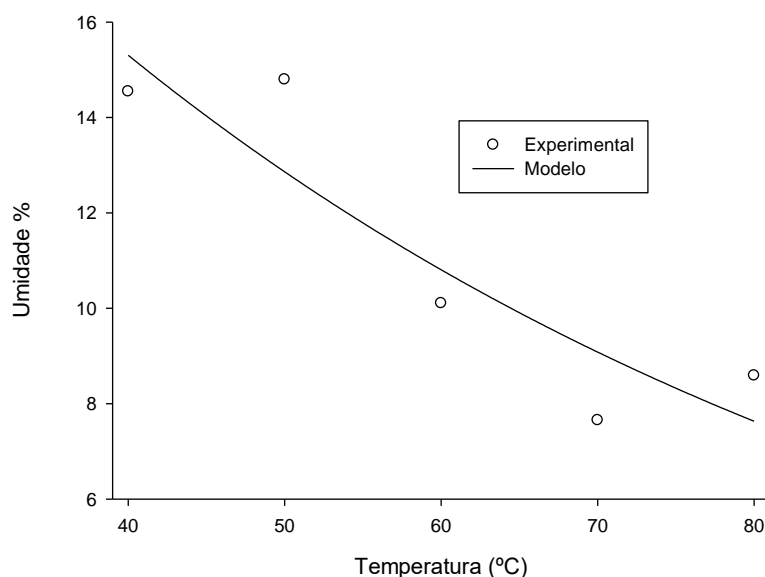


Figura 39 - Umidade das farinhas em função da temperatura do ar de secagem.

Existem estudos variados que determinaram a umidade de alimentos secos em leite fixo: farinha da amêndoa do coco babaçu apresentou baixo teor de umidade (3,15%) (GOMES, 2017); quiabo desidratado em leite fixo 15,04%; Pena (2014) estudou a farinha da banana em diferentes estágios de maturação e encontrou valores entre 8,73 a 9,95%. Em farinha de mandioca foi encontrado 9,11% de umidade (SIRA et al., 2007).

A alta umidade está relacionada com o crescimento de microrganismos que alteram o produto de forma indesejável, sendo assim é importante a redução da mesma. A umidade reduzida beneficia o produto pois reduz o peso, embalagem, volume e custo (LIMA, 2000).

Além disso, a umidade baixa é fundamental pois garante um produto mais estável e de melhor qualidade sensorial, fator que influencia na aceitação do alimento pelo consumidor (STRINGHETA et al., 2003). Sendo assim, as farinhas do presente estudo estão adequadas de acordo com a legislação pois as cinco farinhas produzidas possuem valores menores do que 15%.

5.3.3 Tempo de Molhabilidade

Conforme pode ser observado na Figura 40, o modelo ajustado do tempo de molhabilidade demonstra que o tempo mínimo é mais próximo da temperatura de 60°C no modelo ajustado.

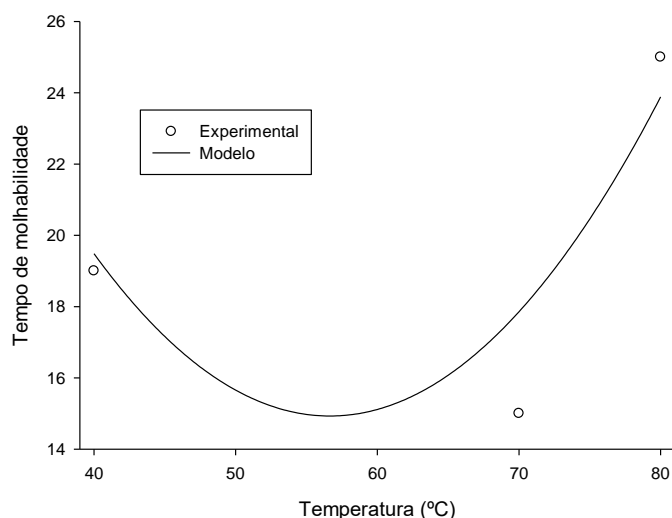


Figura 40 - Tempo de molhabilidade das farinhas em função da temperatura do ar de secagem.

As farinhas foram dispersas sem agitação com uma média de 18 segundos e não formaram grumos, sendo assim elas podem ser consideradas instantâneas (FORNY et al., 2011).

5.3.4 Carotenoides

O teor de carotenoides totais foi mínimo na temperatura de 40 °C (média de 2612,79 mg/100g) e máximo na temperatura de 80 °C (média de 7624,9686 mg/100g), conforme descrito pelo modelo (Figura 41).

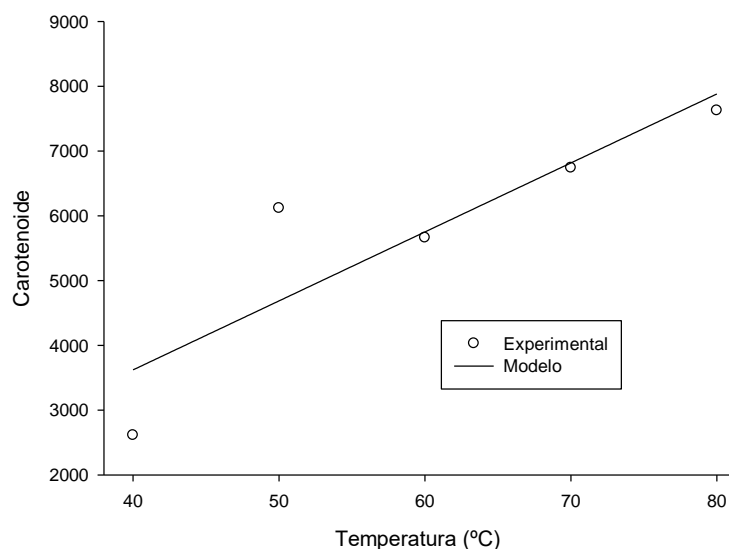


Figura 41 – Concentração de carotenoides (mg/100g) totais nas farinhas de mamão em função da temperatura do ar de secagem em secagem por leito fixo.

Segundo Rodriguez-Amaya e colaboradores (2008), a variação do teor de carotenoides é resultante ao tipo de solo, estágio de maturação, condições de cultivo e climáticas, processamento e estocagem em que o alimento se encontra, o que condiz com o presente estudo que devido ao efeito da temperatura ocorreu diferença na concentração de carotenoides entre as farinhas nas diferentes temperaturas. Os carotenoides possuem muitas ligações duplas em sua estrutura e devido a isso podem sofrer alterações e sofrer reações de degradação no processamento e desidratação (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

O processo de secagem concentra os carotenoides nas amostras por meio da remoção de parte da umidade, quando comparado com o fruto *in natura*. Por outro lado, os carotenoides são termolábeis, ou sejam degradam-se com o calor, e os tratamentos térmicos podem ocasionar perdas de carotenoides sendo que o tempo de processamento e a temperatura são fatores que influenciam diretamente na degradação (NÓBREGA et al.,2014). No presente estudo o teor de carotenoides

aumentou com o aumento da temperatura de secagem, o que pode ser justificado pela relação de tempo e temperatura, pois apesar de temperaturas mais baixas tenderem a degradar menos os compostos, o tempo de secagem se estende por mais tempo, enquanto em temperaturas mais altas o tempo de secagem é menor. Segundo Vallderdú-Queralt e colaboradores (2012) os carotenoides sofrem degradação com o aumento do tempo de secagem e também das altas temperaturas, o que pode aumentar a concentração quando aquecidos por curto período.

De acordo com Amancio (2012), os alimentos fontes de carotenoides, as hortaliças verde escuras e as frutas e legumes de coloração amarela, vermelha e alaranjada, não estão entre os mais consumidos pelos brasileiros, devido aos hábitos alimentares e preferências por *fast foods*. Isso faz com que essas farinhas de mamão sejam uma opção mais prática e rápida, contribuindo para o consumo adequado de carotenoides.

5.3.5 Solubilidade

Conforme a descrição do modelo (Figura 42), a solubilidade foi mínima na temperatura de 80 °C e máxima na temperatura de 40 °C. À medida que aumenta a temperatura de secagem, a solubilidade diminui, sendo que a taxa de redução foi muito alta próximo à 40°C e a partir de 50°C a redução é muito pequena.

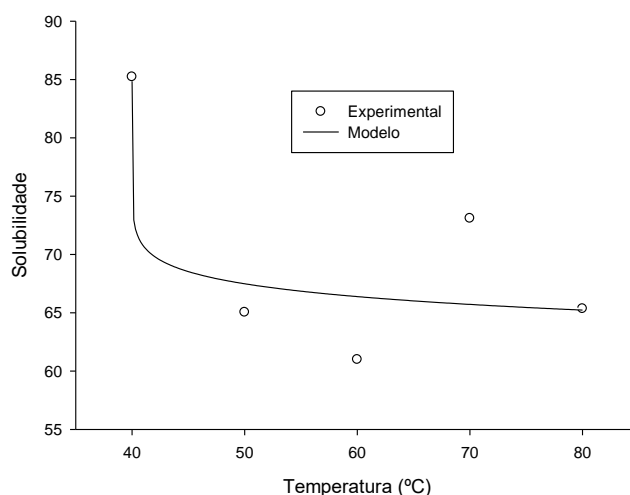


Figura 42 – Solubilidade (%) das farinhas em função das diferentes temperaturas do ar de secagem.

Alguns estudos que determinaram solubilidade em farinhas encontraram valores inferiores ao presente estudo: 20% em farinha de feijão (GOMES et al., 2012), 43,14% em farinha de trigo (ABREU et al., 2016), 17,5% em farinha de batata doce roxa (RESENDE et al., 2019).

Farinhas que são altamente solúveis em água podem ser úteis em alimentos que demandam baixas temperaturas para serem preparados, ou seja, os instantâneos, ou os alimentos que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água, por exemplo os molhos, as sobremesas e sopas (SANTANA et al., 2017). As farinhas de mamão do presente estudo apresentaram boa solubilidade em água.

5.3.6 Curvas e tempo de secagem

A Figura 43 demonstra os pontos experimentais da secagem de acordo com as diferentes temperaturas testadas, tal como os modelos ajustados.

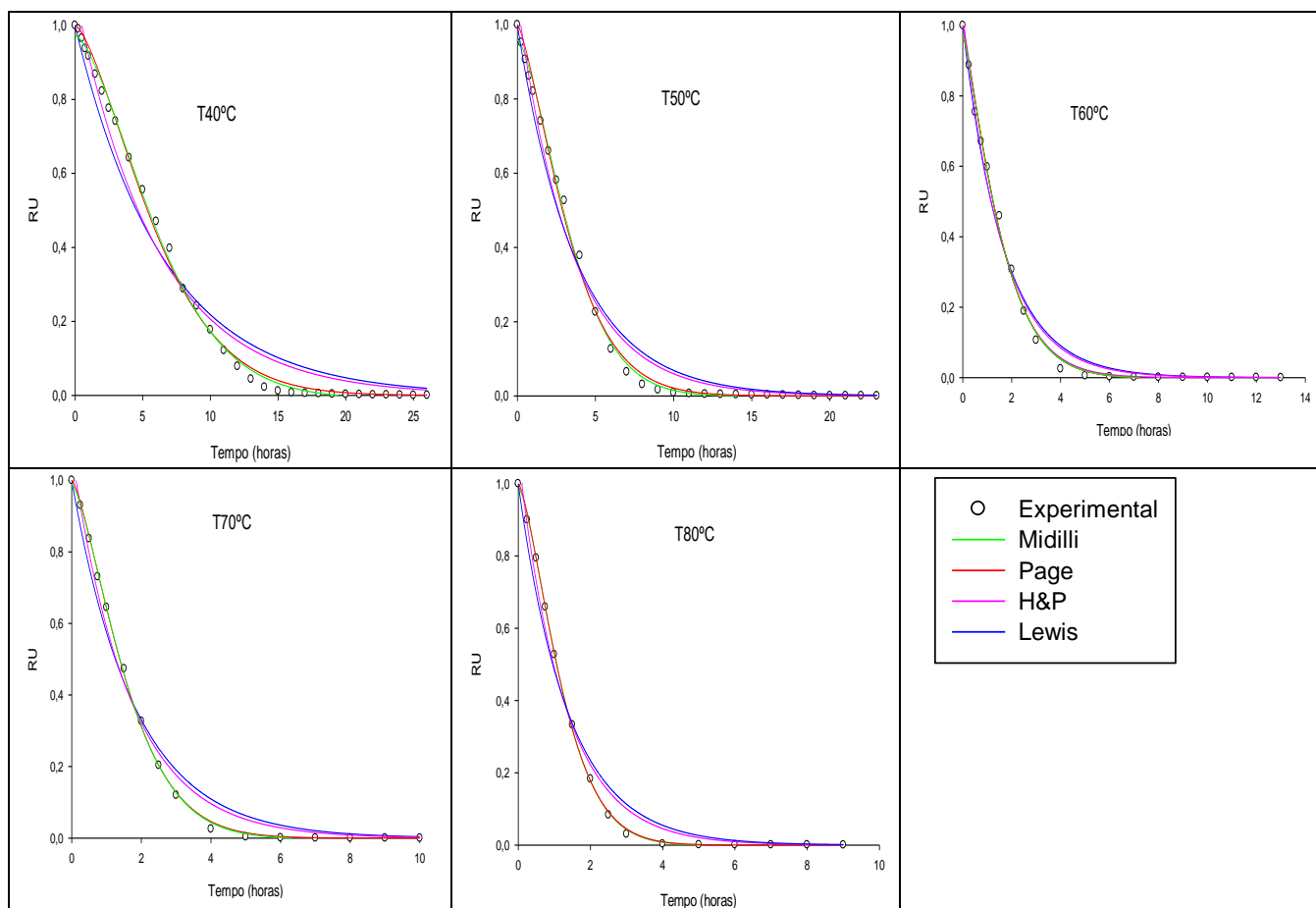


Figura 43 – Curvas de secagem do mamão em leito fixo em diferentes temperaturas. T: temperatura.

Na figura 43, é observado que modelo de Midilli se aproximou mais dos dados experimentais em todos os tratamentos.

Na Tabela 12 são apresentados os valores dos parâmetros, o coeficiente de determinação ajustado e o erro padrão da regressão para cada modelo ajustado.

Tabela 12 - Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da regressão para os modelos ajustados em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Modelo	K	N	a	B	R ² adj	Erro padrão
40	Lewis	0,1523	-	-	-	0,9722	0,0647
	H&P	0,1663	-	1,0868	-	0,9797	0,0553
	Page	0,0572	1,4876	-	-	0,9973	0,0202
	Midilli	0,0464	1,5663	0,9721	-0,0004	0,9981	0,0171
50	Lewis	0,2678	-	-	-	0,9827	0,0484
	H&P	0,2883	-	1,0653	-	0,9861	0,0434
	Page	0,1607	1,3794	-	-	0,997	0,0202
	Midilli	0,1267	1,5106	0,9594	-0,00006	0,9979	0,017
60	Lewis	0,6005	-	-	-	0,9913	0,0326
	H&P	0,6277	-	1,0379	-	0,9922	0,0309
	Page	0,5388	1,2096	-	-	0,9969	0,0195
	Midilli	0,5074	1,2593	0,9767	-0,0003	0,9969	0,0195
70	Lewis	0,553	-	-	-	0,9811	0,052
	H&P	0,604	-	1,0788	-	0,9864	0,0441
	Page	0,4421	1,3979	-	-	0,9993	0,0102
	Midilli	0,4284	1,4221	0,9897	-0,0004	0,9993	0,0101
80	Lewis	0,7263	-	-	-	0,9786	0,0545
	H&P	0,7917	-	1,0809	-	0,9836	0,0477
	Page	0,6315	1,4441	-	-	0,9995	0,0082
	Midilli	0,6219	1,4664	0,9907	-0,0002	0,9995	0,0082

A Tabela 12 demonstra que o modelo de Midilli obteve melhor ajuste nos tratamentos, resultando em maiores valores de coeficiente de determinação e menor erro padrão de regressão. Apesar dos modelos não apresentarem nenhum significado físico, eles representam condições experimentais, as curvas de secagem de produtos pois relacionam o teor de água com o tempo de secagem (KEEY, 1972). Soares et al.

(2016) observaram ao estudar modelos de secagem em secagem com jabuticaba que o modelo que representou melhor o processo foi o de Midilli. Leite et al., (2015) realizou secagem em banana da terra e concluiu que o modelo matemático que melhor se ajustou também foi o de Midilli.

É importante para o desenvolvimento e otimização de processos que sejam obtidas as curvas de secagem, pois por meio delas é possível estimar o tempo de secagem de produtos e isso pode influenciar no dimensionamento de equipamentos e gasto energético envolvido refletindo no valor final do produto (VILELA et al., 2008).

Como o modelo de Midilli também obteve o melhor ajuste para essa fase do experimento, ele foi utilizado para estimar o tempo de secagem nas cinco temperaturas testadas. A partir dos tempos de secagem estimados pelo modelo de Midilli, verificou-se um decaimento exponencial com o aumento da temperatura, ajustando-se o modelo a seguir, o qual apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9832.

$$\hat{y} = 90,9062e^{-0,0385T}$$

Na Figura 44 é apresentado o tempo de secagem estimado pelo modelo.

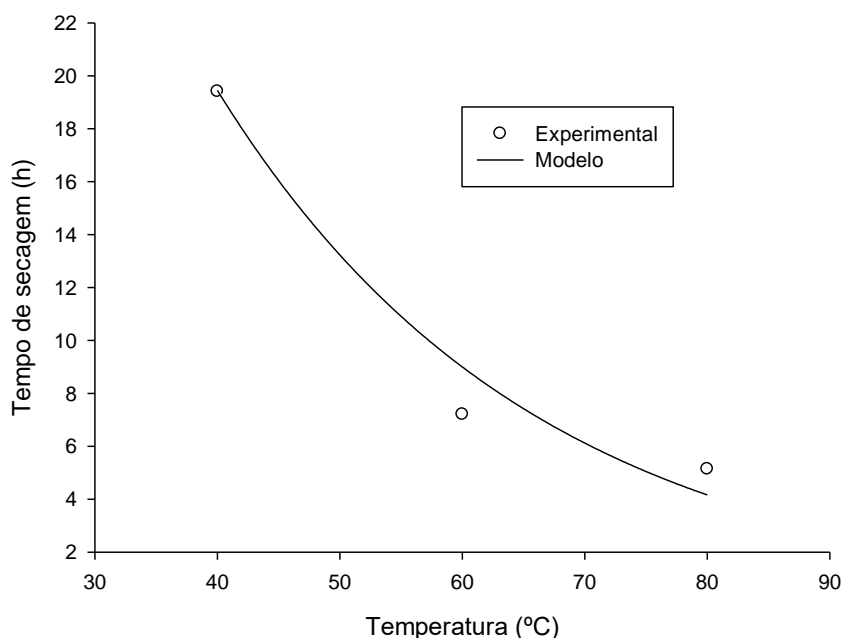


Figura 44 - Tempo de secagem em função da temperatura do ar de secagem.

O tempo de secagem é influenciado diretamente pela temperatura de secagem sendo que quanto maior a temperatura menor será o tempo de secagem do produto,

e isso pode refletir na possibilidade da perda ou ganho de qualidade do produto (CARLESSO et al., 2005).

A Figura 44 demonstra que no presente estudo, com o aumento da temperatura, o tempo de secagem diminui. Comportamento semelhante foi observado por outros autores: folhas de louro (GUNHAN et al., 2005), amaranço (ABALONE et al., 2006), semente de abóbora (SACILIK, 2007), semente de mamona (PEREA-FLORES, 2012), semente de girassol (SANTOS, 2009).

5.3.7 Otimização da temperatura

Nos cálculos da desejabilidade individual para as variáveis resposta que se desejam minimizar, o valor alvo (T) considerado foi o valor mínimo estimado para essas variáveis resposta pelos modelos ajustados dentro do intervalo de temperatura de 40 a 80 °C e o limite superior admissível (U) foi o valor máximo estimado dentro do mesmo intervalo. Para as variáveis resposta que se desejam maximizar, o valor alvo (T) considerado foi o valor máximo estimado para essas variáveis resposta pelos modelos ajustados dentro do intervalo de temperatura de 40 a 80 °C e o limite inferior admissível (L) foi o valor mínimo estimado dentro do mesmo intervalo. Os valores limites obtidos são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores limite das variáveis resposta utilizadas na função desejabilidade.

Objetivo	Variável	L	T	U
Minimizar	Atividade de água	-	0,13059	0,378441
	Umidade	-	7,63024	15
	Tempo de molhabilidade	-	14,83988	23,7051
	Tempo de secagem	-	4,571750506	19,66806464
Maximizar	Solubilidade	65,23136906	84,8467	-
	Carotenoides	3622,3737	7881,1537	-

Dessa forma, observa-se na Figura 45 que a desejabilidade máxima encontrada é igual a 0,4557756, obtida na temperatura de secagem de 65,25°C. Este

resultado apresenta o ponto ótimo do processamento, ou seja, representa o conjunto de respostas mais satisfatória.

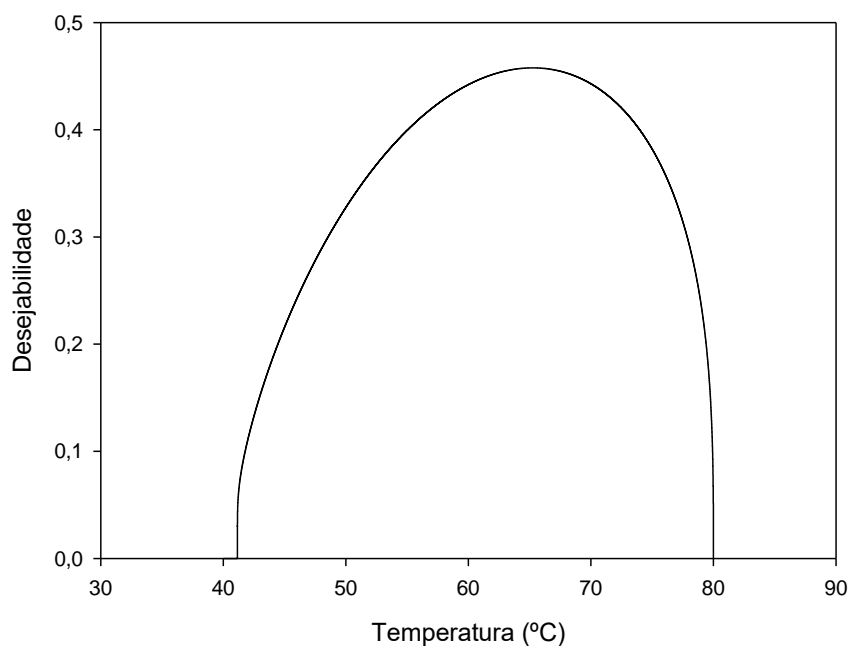


Figura 45 - Desejabilidade global em função da temperatura do ar.

Vimercat (2018) realizou secagem em massas alimentícias em diferentes temperaturas e através da desejabilidade encontrou uma temperatura ótima de 52°C. Cagliari (2017) avaliou a secagem de folhas de oliveira em temperaturas distintas buscando um menor tempo de secagem e por meio da função desejabilidade as condições ótimas de secagem foram determinadas na temperatura do ar em 54,4 °C. Em um estudo com coproduto de acerola a temperatura ótima definida pela desejabilidade ocorreu na temperatura de 79,86 °C.

5.3.8 Características físico-química das farinhas

As variáveis pH, L*, a*, b*, C* e h* foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelas temperaturas. Na Tabela 14 são apresentados os modelos matemáticos ajustados, bem como os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 14 - Modelos ajustados e coeficientes de determinação (R²) para as variáveis significativas.

Variável	Modelo ajustado	R ²
pH	$\hat{y} = 5,4431 + 0,1087/(1 + e(-(x - 64,8074)/-2,3023))$	0,9840
L*	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-
a*	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-
b*	$\hat{y} = 35,0893 - 0,13230x$	0,7624
C	$\hat{y} = 41,6235 - 0,1749x$	0,6945
h ⁰	Nenhum modelo se ajustou de forma satisfatória	-

$x = temperatura$

Os modelos ajustados são adequados para explicar o comportamento das variáveis apresentadas, obtendo um bom R².

5.3.8.1 pH

Na Figura 46 é possível observar que o pH mínimo (5,44) ocorreu na temperatura 80 °C e o máximo (5,55) ocorreu na temperatura 40 °C. Conforme a temperatura aumenta o valor de pH também diminui, sendo que a maior variação do pH ocorreu no intervalo de temperatura de 60 a 70°C.

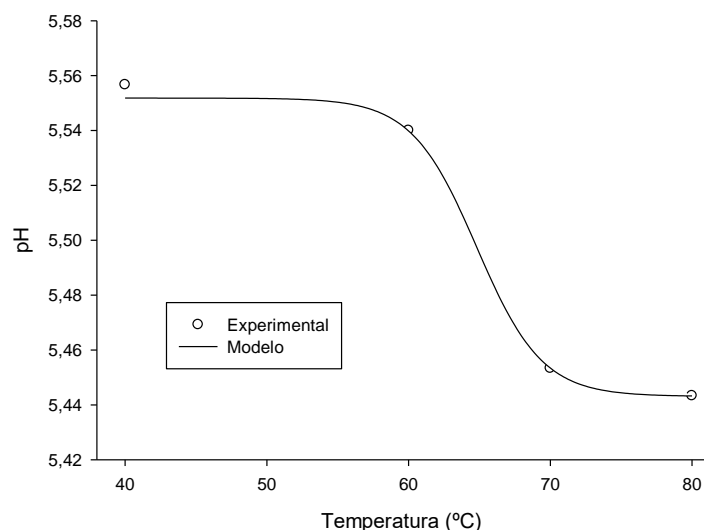


Figura 46 - pH das farinhas em função da temperatura do ar de secagem em leito fixo.

Alcantara e colaboradores (2012) encontraram um pH de 4,15 para farinha de caju e 3,77 para casca de maracujá. Em um estudo com farinha de casca de manga, foi detectado pH de 4,54 (BRAGA et al., 2013), já na farinha de maçã o pH foi de 4,44 (CARLI, 2017). Para farinha de banana verde foi identificado um pH de 5,71 (CARLI, 2017), valor que se aproxima do pH das farinhas do presente estudo.

5.3.8.2 Cor

As Figuras 47, 48, 49, 50 e 51 demonstram o comportamento das coordenadas da cor em relação aos modelos e aos dados experimentais. Os valores de L^* variaram entre de 68,59 a 78,328 nas farinhas elaboradas em diferentes temperaturas, indicando que as mesmas tendem a ser mais claras por estar mais próximas de 100. A coordenada a^* das farinhas variou de 11,94 a 18,70, evidenciando a cor vermelha. Para a coordenada b^* , os valores obtidos foram entre 24,97 e 30,26, sendo assim quanto maior o valor maior a tendência do amarelo. Os valores de C^* variaram de 27,68 a 34,42 sendo assim são farinhas de boa nitidez e intensidade na coloração. Em relação ao ângulo h^0 , os valores variaram de 0,99 a 1,12 tendenciado a intensidade na cor vermelha.

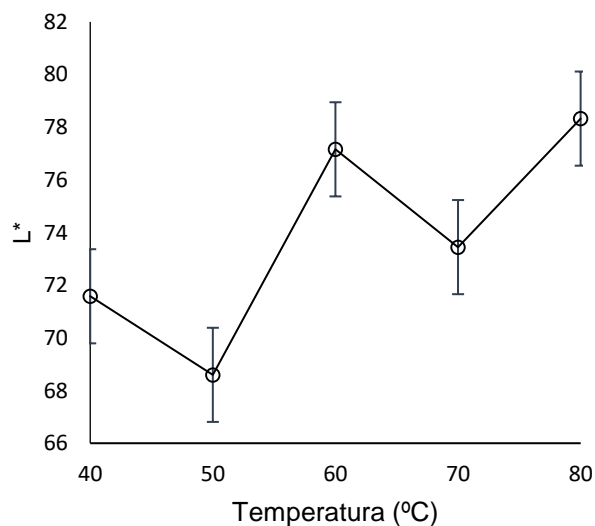


Figura 47 - Dados da coordenada L^* das farinhas de mamão em leite fixo em diferentes temperaturas.

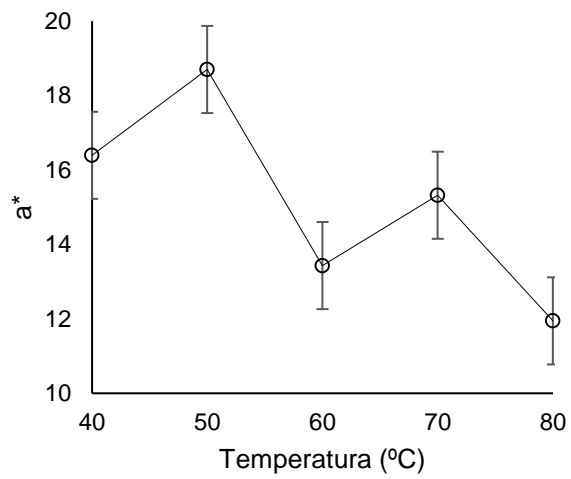


Figura 48 - Dados da coordenada a* das farinhas de mamão em leito fixo em diferentes temperaturas do ar de secagem

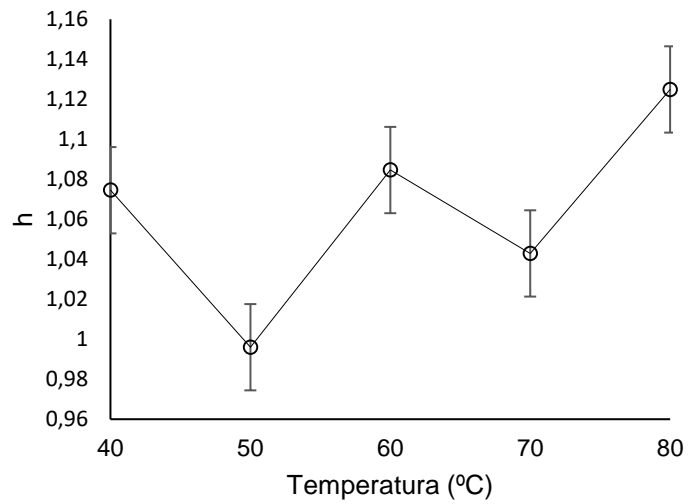


Figura 49 - Dados do ângulo h° das farinhas de mamão em leito fixo em diferentes temperaturas.

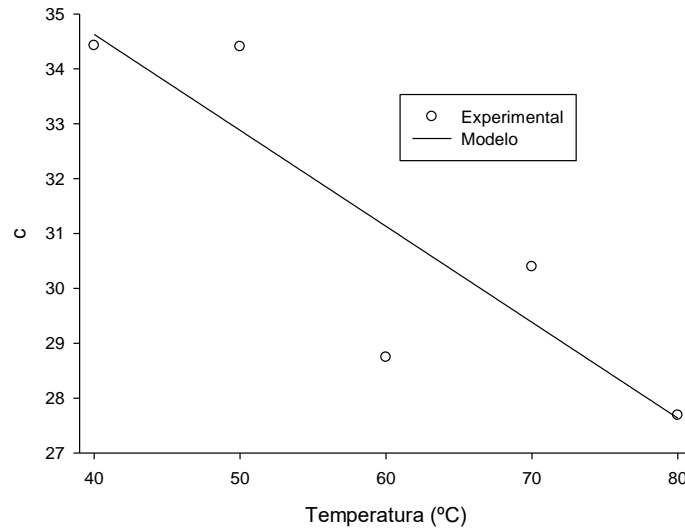


Figura 50 – Parâmetro C^* das farinhas de mamão em leito fixo em função da temperatura do ar de secagem.

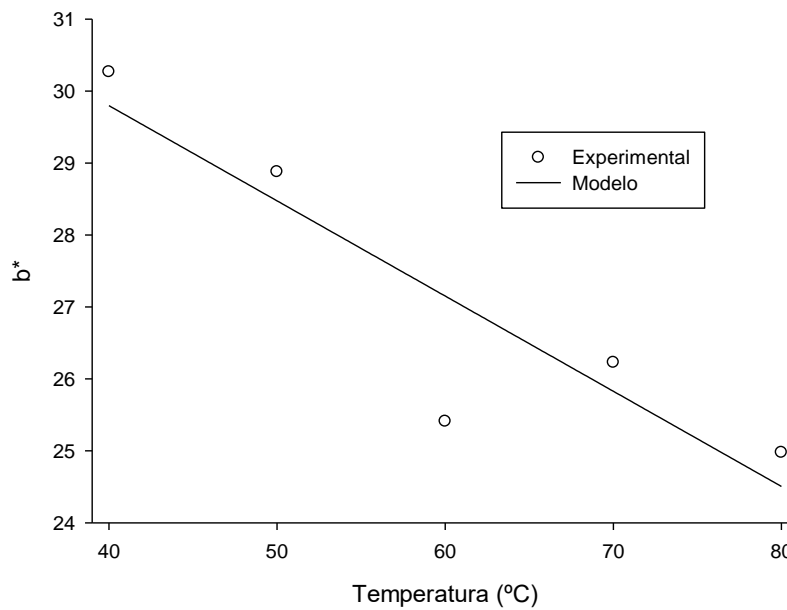


Figura 51 – Coordenada b^* das farinhas de mamão em leito fixo em função da temperatura do ar de secagem.

De acordo com os modelos ajustados para as coordenadas b^* e C^* , é possível observar que com o aumento da temperatura, os valores dessas coordenadas decaem, sendo menor na temperatura de 80°C. Com os dados experimentais da coordenada a^* nota-se que a temperatura de 80°C também foi a que apresentou

valores mais baixos dessas duas variáveis. A coordenada L^* e o ângulo h^0 que se diferenciou das outras variáveis apresentando valor maior na temperatura de 80°C.

5.4 Comparação entre a secagem de mamão formosa em leite de espuma e leite fixo

5.4.1 Carotenoide e vitamina A das farinhas

Considerando que o teor de carotenoides foi estimado considerando o coeficiente de absorvidade molar da β -criptoxantina, que é o principal carotenoide presente no mamão, e dessa forma, utilizando o fator de conversão para β -criptoxantina recomendado pelo IOM (2001), em que 24 μg de β -criptoxantina equivalem a 1 Equivalente de Atividade de Retinol (RAE), pode-se calcular o valor de vitamina A das farinhas de mamão. A porção de 100g da farinha produzida por secagem em leite de espuma a 80°C pode fornecer cerca de 495,12 μg de RAE, que correspondem a 52,11% da recomendação de vitamina A para um homem adulto (950 μg RAE) (IOM, 2001). A porção de 100g da farinha produzida por secagem em leite fixo a 65°C pode fornecer cerca de 262,98 μg de RAE, que representa 27,68% da recomendação de vitamina A para um homem adulto.

A deficiência de vitamina A é um problema mundial, e a mesma deve ser adquirida pela dieta pois não é sintetizada pelo organismo. Uma forma de ingestão de vitamina A é através dos carotenoides pois eles possuem atividade pró-vitamina A (HARRISON, 2012). As farinhas produzidas no presente estudo são consideradas ricas em carotenoides, sendo assim de grande importância para a alimentação humana.

5.4.2 Processo de secagem otimizado

Com a otimização da temperatura no processo de secagem das farinhas de mamão em leite de espuma, observou-se que a temperatura de 80°C foi a mais satisfatória, já em leite fixo foi a de 65°C. A Tabela 15 demonstra os resultados obtidos das variáveis avaliadas.

Tabela 15 – Dados das variáveis avaliadas nas farinhas do método de leite de espuma e leite fixo.

Variáveis	Leito de espuma (80°C)	Leito fixo (65°C)
Atividade de água	0,156	0,193
Umidade	9,32%	9,86%
Tempo de molhabilidade	0,43 segundos	16,02 segundos
Tempo de secagem	6,13 horas	7,32 horas
Solubilidade	67%	66%
Carotenoides	11883,06 µg/100g	6311,58 µg/100g

Comparando os dois métodos através das respostas das melhores temperaturas determinadas, é possível observar que as variáveis atividade de água, umidade, tempo de molhabilidade e tempo de secagem, para as quais é desejável que sejam minimizadas, estão com valores menores no método leite de espuma quando comparado ao leite fixo. Já as variáveis para as quais é desejável que sejam maximizadas, solubilidade e carotenoides, nota-se que o leite de espuma apresenta maiores valores.

Logo, para a produção de farinhas de mamão é mais satisfatório que utilize o método de secagem em leite de espuma a 80°C.

6. CONCLUSÕES

As concentrações ideais encontradas através da função desejabilidade para otimizar a secagem de extrato de mamão em leite de espuma foram de 2,95% para emustab® e 0,05% para maltodextrina. A temperatura de 80°C foi determinada como a melhor para o processo de secagem em leite de espuma para produção de farinha de mamão.

No método leite fixo a temperatura ideal encontrada para produção de farinhas de mamão através da função desejabilidade foi de 65,25°C. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou às curvas de secagem para os diferentes agentes e diferentes temperaturas tanto para o leite de espuma quanto para o leite fixo.

O processo de secagem em leite de espuma e leite fixo são satisfatórios para a produção de farinha de mamão, porém, comparando os dois métodos em suas respectivas temperaturas ideais, o leite de espuma obteve resultados mais desejáveis, se tornando melhor para a produção de farinha de mamão.

Além da importância de ter otimizado o processo da produção de farinha de mamão para a indústria, vale destacar que as farinhas produzidas no presente estudo são importantes para alimentação humana. O mamão é rico em compostos antioxidantes e essas farinhas são ótima fonte de carotenoides precursores de vitamina A, podem ser relevantes para o enriquecimento nutricional de diversas preparações (como bolos, biscoitos, iogurtes, suplementos, sorvetes) aliando a praticidade além de contribuir para o combate de doenças crônicas e deficiências nutricionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALONE, R.; CASSINERA, A.; GASTON, A.; LARA, M. A. Some Physical Properties of Amaranth Seeds. **Biosystems Engineering, Amsterdam**, 89, p. 109– 117, 2004.

ABBASI, E.; AZIZPOUR, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 105-110, 2016.

ALCANTARA, S. R. et al. Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.14, n. Especial, p.473-478, 2012.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. de. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ALMEIDA, M. M. B., SOUSA, P. H. M., FONSECA, M. L., MAGALHÃES, C. E. C., LOPES, M. F. G., LEMOS, T. L. G. Avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.3, p. 581-586, 2009.

Alves, J. J. L., & Rodovalho, R. S. (2016). Cinética de secagem em camada de espuma da polpa de abacate CV 'Quintal' (Persea Americana Mill). **Revista Agrotecnologia**, 7(1), 86-98.

AMANCIO, R. D. Consumo de carotenóides no Brasil: a contribuição da alimentação fora do domicílio. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012

ANDRADE, R. S. G. de, DINIZ, M. C. T., NEVES, E. A. et al. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, v.27, p. 393-401, 2002.

ARAÚJO FILHO, G. C., PAZ, J. S., CASTRO, F. A. Produtor de mamão. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico. P. 72, 2002.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A, V.; RAUPP, D, S.; Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum. Agronomy**, n. 2, v. 33, p. 207- 214, 2011.

ARAÚJO, C., S. MACEDO, L., L. VIMERCATI, C., W. SARAIVA, H., S. OLIVEIRA, N., A. TEIXEIRA, Q., J., L. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Braz. J. Food Technol.**, v. 20, e2016152, 2017.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official method of analysis**. 17th ed. Gaithersburg, 2002. v.1.

AZIZPOUR, M.; MOHEBBI, M.; KHODAPARAST, M. H. H. Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder.

Innovative Food Science and Emerging Technologies, v. 34, n. 1, p. 122–126, 2016.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food and bioprocess technology**, v. 4, n. 8, p. 1450-1458, 2011.

BAPTESTINI, F. M. **Parâmetros físico-químicos na obtenção do pó de graviola pelo método de secagem em leito de espuma**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2015.

BAPTISTA, R. F. **Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Coturnix coturnix japonica*) em função da variação de temperatura de armazenamento**. 2002. 99p (Dissertação de mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

BARRETO, I. M. A. Caracterização de polpa de pitanga roxa (*Eugenia uniflora*) desidratada em leito de espuma. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

BERBERT, P.A. On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. 1995. 227 f. Thesis (Ph.D in Agricultural Engineering). Postharvest Technology Department, Cranfield University, Silsoe, 1995.

BRAGA, B. A.; CARVALHO, S. A.; SOUZA, A. O. Avaliação físico-química e da qualidade microbiológica de farinhas produzidas a partir de resíduos agroindustriais. **Higiene Alimentar**. v. 27, p. 3871-3875, 2013.

BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o “Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amido, Farinhas e Farelos” constante do anexo desta Resolução. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Desenvolvimento Rural. Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. **Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: EMBRAPA – SPI (Série Publicações Técnicas, FRUPEX), v.9, 52p. 1994.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Ripening and quality of ‘Golden’ papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.3, p.389-396, 2006.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxford, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CANO-CHAUCA, M., RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A. SILVA, P. I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 121-132, 2004

CARDOSO, J. M.; PENA, R. S. Hygroscopic behavior of banana (*Musa* ssp. AAA) flour in different ripening stages. **Food and bioproducts processing**, 2014, 92, 73- 79.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; VIANNA, A. P.; DETMANN, E.; DIONELLO, R. G. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 3, p. 444-448, 2005.

CARLI, Caroline Giane. **Farinhas comerciais de frutas: caracterização física, físicoquímica e análise digital de imagem**. 2017. 120 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos. Área de conhecimento: Química de Alimentos). Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leito de espuma**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CEPEA – HORTIFRUTI BRASIL. Anuario 2019 – 2020. Ano 18 - Nº 196 – Dez/2019 – Jan 2020 -ISSN 1981-1837

CHAVES, M. A.; BARRETO, I.; REIS, R. C.; KADAM, D. M. Physicochemical and sensory properties of purple Brazilian cherry (*Eugenia uniflora*, L.) foams. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 8, p. 1688-1697, 2013

CHEYNIER, V. PolypHenols in foods are more complex than often thought. **American Journal of Clinical Nutrition**, 81, 223S-229S, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. p.735.

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

COSTA, A. B. S. **Secagem de Folhas de Hortelã da Espécie (*Mentha x vilosa* H.)**. 109 p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar), São Carlos - SP, 2012.

COSTA, L., M. RESENDE, O. GONÇALVES, D., N. OLIVEIRA, D., E., C. MATHEMATICAL MODELING OF CRAMBE FRUITS IN THIN LAYER DRYING. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 392-403, Mar./Apr. 2015.

CRUZ, C. W. F. Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, P., L.; SARAIVA, S., H.; TEIXEIRA, L., J., Q.; Otimização Do Processo De Secagem Em Leito De Espuma De Extrato De Café. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p. 2017.

Dantas, J. L. L. (2000) Introdução. In: Trindade, V. T. (org) Mamão. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa, 9.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v. 12, n. 4, p. 214–219, 1980.

DEHGHANNYA, J.; POURAHMAD, M.; GHANBARZADEH, B.; GHAFFARI, H. (2018), "Influence of foam thickness on production of lime juice powder during foam-mat drying: Experimental and numerical investigation", **Powder Technology**, Vol 328, p. 470–484.

EKPONG, A.; PHOMKONG, W.; ONSAARD, E. The effects of maltodextrin as a drying aid and drying temperature on production of tamarind powder and consumer acceptance of the powder. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 1, p. 300-308, 2016.

ERDOGDU, F. Optimization: na introduction. **Optimization in Engineering**. Boca Raton: CRC, 2009. Cap. 5.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M.S.; SCHMTIZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.109-120, 2011.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.

FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K. Estudo da comercialização do mamão em Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.091-095, 2002.

FELLOWS, P. **Food processing technology**. Principles and Practice, 2 Ed. Boca Raton: CRC Press, 2000.

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

FERREIRA, F. L.; **Caracterização física, química, sensorial e de compostos funcionais em mamão do grupo Formosa minimamente processado**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Brasília, Brasília – DF.

FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 524-532, 2014.

FAO, Food and Agriculture Organization. FAO: 30% de toda a comida produzida no mundo vai parar no lixo. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-30-de-toda-a-comida-produzida-no-mundo-vai-parar-no-lixo/>. Acesso em: 19 de março de 2019.

FARONI, L. R. D. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agricultura e Ambiente**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007

FONTES, R.V.; SANTOS, M.P.; FALQUETO, A.R.; SILVA, D.M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung 1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.054-058, 2008

FORNY, L., MARABI, A., PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder technology**, v. 206, p. 72-78, 2011.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A.; ELLENDERSEN, L. S. N.; MASSON, M. L. Foam mat drying of yacon juice: Experimental analysis and computer simulation. **Journal of Food Engineering**, v. 158, p. 48–57, 2015.

FREITAS, R. C. P. **Caracterização do processo de secagem em leite de espuma para obtenção de pó de manga Ubá**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2016.

FRUTISÉRIES 7 – Brasília – Novembro/2010. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1516.pdf>. Acesso: 22 de novembro de 2019.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande - PB, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010.

GALEANO, E. A. V. et al. **Levantamento de preços recebidos pelos produtores do Espírito Santo (2000 a 2015)**. Vitória, ES: Incaper, 2016c. 229 p. (Incaper. documentos, 240). Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2303/1/BRTPublicacao-oLevantamento-de-Precos.pdf>>. Acesso em: 2019.

GOMES, G.M.S; REIS, R.C.; SILVA, C.A.D.T. Obtenção de farinha de feijão-caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p.31-36, 2012.

GOMES, M., S., O. Potencial tecnológico da farinha da amêndoa do coco babaçu (*Orbignya* Sp) e sua secagem convectiva em leite fixo. São José do Rio Preto, 2017

GONELLI, D., L., A. CORREA, P., C. ALMEIDA, M., E., F. MACHADO, B., F. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011.

GOUVEIA, G., P., J. ALMEIDA, C., A., F. FARIAS, S., E. SILVA, M., M. CHAVES, V., C., M. REIS, S. L. Determinação Das Curvas De Secagem Em Frutos De Cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, n.1, p.65-68, 2003.

GOYAL, R. K; KINGSLY, A. R. P; MANIKANTAN, M. R; ILAS, S. M. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. **Journal of Food Engineering, Oxford**, v.79, n.1, p.176-180, 2007.

GUAZI, J., S. **Produção de smoothie com polpas de morango e banana desidratadas em leito de espuma**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2016.

GUIMARÃES DA SILVA, Natássia. **Secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaya (Carica papaya L.): avaliação físico-química e estabilidade dos produtos obtidos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES.

Gunhan, T., Demir, V., Hancioglu, E., Hepbasli, A. (2005) Mathematical modelling of drying of bay leaves. *Energy Convers. Manage.*, 46:1667-1679

HAEGELE AD, GILLETTE C, O’NEILL C, WOLFE P, HEIMENDINGER J, SEDLACEK S, et al. Plasma xanthophyll carotenoids correlate inversely with indices of oxidative DNA damage and lipid peroxidation. **Cancer Epidemiology Biomarkers Prevention**, v.9, n.4, p.421-425, 2000.

HARDER, M. N. C. **Efeito do urucum (Bixa orellana) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HART, M. R.; GINETTE, L.; MORGAN, A. I.; GRAHAM, R. Foams for foam-mat drying. **Food Technology**, v. 17, n. 10, p. 1302-1304, 1963.

HARRISON, E. H. Mechanisms involved in the intestinal absorption of dietary vitamin A and provitamin A carotenoids. *Bioch. et biophys. Acta.*, p. 70-77, 2012.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ; Métodos físico-químicos para análise de alimentos Adolfo Lutz, São Paulo, 2008, p. 1020.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Polos de Fruticultura – mamão. Consultado em: 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal, 2015. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=4. Acesso: 27 setembro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal, 2017. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=4. Acesso: 02 de março de 2019.

INTERNET. Mamão Formosa. 2020. Disponível em: <https://delivery.supermuffato.com.br/mamao-formosa-kg-977/p>

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes: Applications in Dietary assessment**. Washington,D.C.: National Academy Press, 2000.

JOHANN, G; SILVA, E., A; PEREIRA, N., C; MENEZES, M., L. **Modelagem E Otimização Da Secagem De Sementes De Uva Em Leito Fixo**. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Fortaleza, 2016.

KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, V.; CHADHA, S.; KAUSHIK, P.; KAUR, S.; PATIL, R. T.; RAI, D. R. Physicochemical and microbial quality evaluation of foam-mat-dried pineapple powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 1654–1659, 2012.

KEEY, R. B. *Drying: principles and practice*. New York: Pergamon Press, 1972.

KHONSARN, N.; LAWAN, S. Level of Xanthophyll, Lutein and Zeaxanthin in Selected Thai Fruits Determined by HPLC. **International Proceedings of Chemical**, v. 39, p. 240-243, 2012.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

LEE SK; KADER AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology** 20: 207-220.

LEDO, C., A., S; BORGES, V., P; SILVA, S., O; REIS, R., C; VIANA, E., S; OLIVEIRA, A., M., G. **Caracterização Físico-Química De Frutos Da Linhagem Elite De Mamoeiro Cmf L78**. VII Simpósio Do Papaya Brasileiro - Produção e Sustentabilidade Hídrica, Vitória. 2018.

LEITE, D., D., F. SANTOS, F., S. SANTOS, D., D. LISBOA, J., F. FERREIRA, P., L. QUEIROZ, A., J., M. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi. *Revista Verde - ISSN 1981-8203 - (Pombal - PB)* v. 12, n.4, p.769-774, out.-dez., 201

LEITE, A. L. M. P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, F. “contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade da terra. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 155-162, abr./jun. 2015.

LISBÔA, C. G. C. de; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216-222, 2012.

LIMA, Renan Carlos Freitas de. **Estudo da secagem do mamão Formosa (Carica papaya L.) em secador de leito fixo**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Sérgio Henriques Saraiva.

LIMA, R., C., F.; Peixoto, E. Z. H; Saraiva, S.H.; Cinética de secagem do mamão formosa em secador de leito fixo. **Blucher Proceedings** V SEMANA DE ENGENHARIA QUÍMICA UFES, 2017.

LOBO, F. A.; NASCIMENTO, M. A.; DOMINGUES, J. R.; FALCÃO, D. Q.; HERNANZ D.; HEREDIA, F. J.; ARAUJO, K. G. L. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 258–266, 2017.

MACHADO, R. L. P. O papel dos bancos de alimentos na redução do desperdício de alimentos. Rio de Janeiro: Embrapa CTAA, 2007.

MACIEL, K. S. **Otimização das condições do processo de secagem do extrato de café em leite de espuma e aplicação em mistura para cappuccino**. 2017. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre- ES.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M; LIMA, A. S. Processamento de sucos de frutas tropicais. Fortaleza: Editora UFC, 2007.

MANÇANO, L., F. ALMEIDA, M. OLIVEIRA, R., M., R. SOUTO, V., O. ALVES, T., C., O. PEREIRA, V., . ESTUDO DA SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA DA POLPA DE MANGA HADEN. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*. ISSN 2317-3114. V.8, N.3, 2018.

MARTINS, G, N.; SILVA, R, F.; ARAÚJO, E, F.; PEREIRA, M, G.; VIEIRA, H, D.; VIANA, A, P. Influencia do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo Formosa. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n 2, p.12-17, 2005.

MARTINS, G., F. Teores de B criptoxantinas e Expressão Genica durante o Amadurecimento do Mamão Papaya e sua Relacao com a Capacidade Antioxidante. 2014. 86 f. Dissertacao (Mestrado) – Instituto de Saude e Sociedade, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos, 2014.

MARTINAZZO, A.P. Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 140p. Tese Doutorado.

MCEVOY, M., THAKKINSTIAN, A. MCKAY, G., J. Systematic review and meta-analysis of the association between complement component 3 and age-related macular degeneration: A Huge review and meta-analysis. **Academic Journal Epidemiology**, v. 173, n. 12, p. 1365- 1369, 2011.

Mercali, G. D.; Sarkis, J. R.; Jaeschke, D. P.; Tessaro, I. C.; Marczak, L. D. F.. PHysical properties of acerola and blueberry pulps. **Journal of Food Engineering**. 106(3), 283-289. 2011.

METALURGIA BOM JESUS PIACENTINI E CIA. **Moinhos de martelos**. Manual de instrução. 1.ed. São Paulo, 1995

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; VAPAR, Z. A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, v.20, n.7, p.1503-1513, 2002.

MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I. Qualidade Comercial do Trigo Brasileiro: Safra de 2006: Descrição dos Métodos Usados para Avaliar a Qualidade do Trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

MOREIRA, R. A. **Mamão, fonte de vitaminas e minerais**. 2009. Disponível em: . Acesso em: 25 fev. 2020.

MORR, B.; GERMAN, J. E.; KINSELLA, J. M.; REGENSTEIN, J. P. V.; BUREN, A. KILARA. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. *Journal of Food Science*, v. 50, p. 1715–1719, 1985.

NEHA, K. et al. Medicinal prospects of antioxidants: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 178, p. 687–704, 15 set. 2019.

NELSON, D, L. COX, M, M. Princípios de bioquímica de Lehninger. Porto Alegre: **Artmed**, 2011. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 201.

NESPOLO, C. R. et al. Práticas em tecnologia de alimentos. Porto Alegre: **Artmed**, 2015

NEVES, T., T. REIS, R., C. VIANA, E., S. SILVA, L., F. SOUZA, C., S. SANTOS, T., M., S. **Vitamina C e β criptoxantinas totais em frutos de variedades melhoradas de mamoeiro**. 7ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.

NÓBREGA, E. M.; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. T. P. The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*malphigia emarginata*) residue. **Journal of Food Processing and Preservation** ISSN 1745-4549. 2014.

NOGUEIRA, F., S. **Teores de ácido L- ascórbico em frutas e sua estabilidade em sucos**. Campos dos Goytacazes, 2011. 68 f. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia Agropecuárias.

OLIVEIRA NETTO, Alvim Antônio. **Introdução à Engenharia de Produção**. -2. Reimp./Alvim Antônio de Oliveira Netto; Wolmer Ricardo Tavares. Florianópolis: Visual Books, 2006

OLIVEIRA, D, S.; AQUINO, P, P.; RIBEIRO, S, M, R.; PROENÇA, R, P, C.; PINHEIROSANT'ANA, H, M. Vitamina C, β criptoxantinas, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

Oliveira, J. M.; Lessio, B. C.; Morgante, C. M.; Santos, M. M.; Augusto, P. E. D.. Specific heat (Cp) of tropical fruits: Cajá, Cashew Apple, Cocoa, Kiwi, Pitanga, Soursop fruit and Yellow melon. **International Food Research Journal**. 19(3), 811-814, 2012.

OLIVEIRA, M., A., B.; VIANNI, R.; SOUZA, G.; ARAÚJO, T.M.R. Caracterização do estágio de maturação do papaya 'Golden' em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p.559-561, 2002.

OLIVEIRA, S., K., A. SILVA, S., A. XAVIER, T., G. WARTHA, A., S., R., E. PAGANI, C., A., A. **Secagem Em Leito De Espuma De Polpa De Kiwi (Actinidia Deliciosa)**.

Congresso Nacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde, Universidade Tiradentes, 2016.

ORDOÑEZ, J. A. P. Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre: Ed. Artmed, v. 2. Porto Alegre, 2005.

PARAIZO, W. B.; REZENDE, L. V; **ESTUDO DO PROCESSO DE SECAGEM DE BATATA-DOCE DE POLPA ROXA (*Ipomoea batatas* (L.) lam) EM LEITO DE JORRO**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2019.

PATTHAMAKANOKPORN, O.; PWRASTIEN, P.; NITITHAMYONG, A.; SIRICHAKWAL, P. P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 3, p. 241-248, 2008.

PAULA, Krystal Cardoso Soares Estefan de. **Otimização das condições do processo de secagem do fruto inteiro e do coproduto de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) em leite de espuma**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique Saraiva. Coorientador(es): Prof. Dr. Antônio Manoel Maradini Filho e Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira.

PEIXOTO, E., Z., H. **Análise de compostos funcionais das farinhas de mamão formosa (*carica papaya* L.) Produzidas em diferentes estádios de maturação**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal do Espírito Santo. 2017.

PEREA-FLORES, M.J.; GARIBAY-FEBLES, V.; CHANONA-PÉREZ, J.J.; CALDERÓNDOMINGUEZ, G.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J.V.; PALACIOS-GONZÁLES, E.; GUTIÉRREZLÓPES, G.F. Mathematical modelling of castor oil seeds (*Ricinus communis*) drying kinetics in fluidized bed at high temperatures. **Industrial Crops and Products**, v.38, p. 64- 71. 2012.

PEREIRA, E. C. **Caracterização e comparação de sistemas de embalagem e transporte de mamão ‘Solo’ destinado ao mercado nacional**. 2009. 114f. Tese. (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PINTO, E. G. Caracterização da espuma de jenipapo (*genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Itapetinga, 2009.

PRADO, Manoel Marcelo do. **Secagem em leite fixo de sementes com mucilagem**. 2004. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

QUADRI, O. S., YOUSUF, B., SRIVASTAVA, A. K. Fresh-cut and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks – A review. **Cogent Food and Agriculture** 1 (1121606):1-11.

RAMOS, E.M; GOMIDE, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. Viçosa-MG: UFV, 2007. 1v

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari-do-pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.4, p.347–353, 2011.

REIS, R. C; VIANA, E., S; JESUS, J., L; LIMA, L., F; NEVES, T., T; CONCEIÇÃO, A., E.. Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.11, p.2076-2081, nov, 2015.

RIBEIRO, D., F; CARDOSO, F. Determinação do teor de ácido ascórbico do mamão (Carica Papaya L. 1753). Arq. Pac. Hig. S. pub. Universidade de São Paulo, 1947.

ROCHA, R. P. et al. Cinética del secado de tomillo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 675-683, 2012.

RODRIGUES, E. **Secagem de Abacaxi em Secador de Leito Fixo**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis*, v. 5, p.191-225, 1976.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T., AMAYA-FARFAN, J. Updated brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 445– 463, 2008.

ROSÁRIO, H., F. Caracterização de Farinhas de Sementes de Mamão Papaya e Formosa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

RUGGIERO, C.; DURIGAN, J. F.; NATALE, W.; OLIVEIRA, C. A. L. de; BENASSI, A. C. Mamão. In: DONADIO, L.C. (Org.). **História da fruticultura paulista. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura**, 2010. p. 210-234.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D; DURIGAN, J. F;. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 076-082, Outubro 2011

Sacilik, K. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less pumpkin (Cucurbita pepo L.). **Journal of Food Engineering**, v.79, p.23-30, 2007.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behavior of ripe bananas. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 5, p. 517–525, 2004.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 88-95, abr./jun. 2017.

SANTOS, P., P. Otimização do processo de secagem do extrato de beterraba em leito de espuma. 2018

SARTORI, G, V. COSTA, C., N. RIBEIRO, A., B. Conteúdo Fenólico e Atividade

Antioxidante de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos** v. 5, n. 3, p. 8– 14, 2014.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Fruticultura. 2016. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b7648cb06044fad0c1ad9ec4de6fd2df/\\$File/6076.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b7648cb06044fad0c1ad9ec4de6fd2df/$File/6076.pdf). Acesso em: 21 de março de 2019.

Sentanin, M.A.; Rodriguez-Amaya, D.B. 2007. Teores de Carotenóides em Mamão e Pêssego Determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27(1): 13-19.

SERRANO, L., L. CATTANEO, L., F. O cultivo do mamoeiro no brasil. **Revista brasileira de fruticulture**, v. 32, n. 3 p. 657-959.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food Phenolics: Sources, Chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic publishing company; 1995.

SILVA, L.C. Secagem de Grãos. **Revista Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo**, v. 4, n. 14, p. 10 -14, 2005.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da Polpa de Tamarindo pelo Método de Camada de Espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, S., A. MELO, K., S. ALVES, M., N. ALVES, C., M., N. FERNANDES, S., K., T. FARIAS., A., P. Cinética De Secagem Em Camada Fina Da Banana Maçã Em Secador De Leito Fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.129-136, 2009.

SIRA, E. E. P. et al. Production and characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flours using different thermal Treatments. *Interciencia*, v. 32, n. 9, p. 615-619, 2007. ISSN 0378-1844.

SHINAGAWA, F, B. **Avaliação das características bioquímicas da polpa de mamão (carica papaya l.) processada por alta pressão hidrostática**. 125p. (Dissertação de mestrado em tecnologia de processos químicos e bioquímicos – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ). Rio de Janeiro - RJ, 2009

SOARES, S., E. Ácidos Fenólicos como Antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n.1, p. 71-81, 2002.

SOARES, E. C. Caracterização de Aditivos para Secagem de Araça-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em Leito de Espuma. 88 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Bahia, Itapetinga, 2009

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leito de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga – BA.

SOUZA, A. G. C. de; SOUZA, M. G.; PAMPLONA, A. M. S. R.; WOLFF, A. C. S. Boas práticas na colheita e pós-colheita do cupuaçu. Embrapa: Curricular Técnico, Manaus - Amazonas, 2011.

TACO. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela de composição brasileira de alimentos. Campinas, SP. Universidade Estadual de Campinas. 4ª edição revisada e ampliada. 161 p. 2011.

TAVARES, I. M. C.; CASTILHOS, M. B. M.; MAURO, M. A.; RAMOS, A. M.; SOUZA, R. T.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GOMES, E.; GOMES, E.; DA-SILVA, R.; HERMOSÍNGUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. S. BRS Violeta (BRS Rúbea × IAC 1398-21) grape juice powder produced by foam mat drying. Part I: Effect of drying temperature on phenolic compounds and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 298, n. 15, p. 1-11, nov., 2019.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. *Journal of Food Engineering*, v. 86, p. 573-583, 2008.

TRIBESS, T.B. et al. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT- Food Science and Technology*, v.42, p.1022-1025, 2009.

TRIBOLI, E., P., D., R. **Estudo e Otimização de Processo de Secagem de logurte por Atomização com Secador em Escala Piloto**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VALLVERDÚ-QUERALT, A.; REMÓN, A.M.; CASALS-RIBES, I.; ANDRESLACUERVA, C.; WATERHOUSE, A.L.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Effect of tomato industrial processing on phenolic profile and hydrophilic antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, v.47, p. 154-160, 2012.

Van Den Einde, R.M.; Van Der Goot, A.J.; Boom, R.M. Understanding molecular weight reduction of starch during heating/shearing processes. *Journal of Food Science*, v.68, n.8, p.2396-2404, 2003.

VENTURINI, T.; BENCHIMOL, L. R.; BERTUOL, D. A.; ROSA, M. B.; MEIL, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica Papaya L.*). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p 950-959, 2012.

VIEIRA, Valter A.; TIBOLA, Fernando. Pesquisa qualitativa em marketing e suas variações: trilhas para pesquisas futuras. In: **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v.9, n.2, p. 9-33, Abr./Jun. 2005.

VILELA, C.A.A.; ARTUR, P.O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.387-394, 2008.

VIMERCATI, W., C. ARAÚJO, C., S. MACEDO, L., L. SARAIVA, S., H. TEXEIRA., L., J., Q., AJUSTES DE MODELOS MATEMÁTICOS À CINÉTICA DE SECAGEM DA

POLPA DE MORANGO (Fragaria sp.). **Revista Univap**. São José dos Campos-SP-Brasil, v. 22, n. 40, Edição Especial 2016. ISSN 2237-1753

YANISHLIEVA, N.V. et al. Natural antioxidants from herbs and spices. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.108, n.9, p.776-93, 2006.