INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

CREMILDE SANZIA AZEVEDO SILVA

DESIDRATAÇÃO DE MOLHO DE TOMATE CASEIRO PELO MÉTODO *FOAM- MAT*

CURRAIS NOVOS
2015

CREMILDE SANZIA AZEVEDO SILVA

DESIDRATAÇÃO DE MOLHO DE TOMATE CASEIRO PELO MÉTODO *FOAM MAT*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Msc. Thayse Naianne Pires Dantas

CURRAIS NOVOS

2015

S586d Silva, Cremilde Sanzia Azevedo.

Desidratação de molho de tomate caseiro pelo método *Foam Mat.* / Cremilde Sanzia Azevedo Silva. Currais Novos, RN: IFRN, 2015.

55 f. : il.

Orientador: Msc. Thayse Naianne Pires Dantas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2015.

Ficha elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca do Campus Currais Novos do IFRN.

CREMILDE SANZIA AZEVEDO SILVA

DESIDRATAÇÃO DE MOLHO DE TOMATE CASEIRO PELO MÉTODO *FOAM MAT*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 30/04/16, pela seguinte Banca Examinadora:

Thayse Naianne Pires Dantas

Prof. Thayse Naianne Pires Dantas – Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Uliana Karina L. Medeiros

Prof. Uliana Karina Lopes de Medeiros – Banca Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Lucia Cesar Carneiro

Prof. Lúcia César Carneiro – Banca Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

A Deus, pelo seu amor incondicional e misericórdia.

Dedico este trabalho de conclusão de curso à minha querida e amada mãe pelo seu amor incondicional, pelo exemplo de vida e seus ensinamentos. A você, Maria do Socorro Azevedo Silva, dedico todo meu amor e agradecimento, sem você nada disso teria se concretizado. Dedico também a minha querida avó Cremilde Azevedo *(in memorian*) por todo legado que você me deixo, a ti todo meu respeito e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus fonte viva de todo saber, todo meu louvor, todo meu amor e toda minha gratidão.

A professora mestre Thayse Naianne Pires Dantas, pela orientação, pelos ensinamentos repassados com seu jeito bonito, simples e humilde. Muito mais do que uma mestre você é uma benção de Deus. A você, meus sinceros agradecimentos e admiração.

À minha família, em especial a minha tia Maurice Diniz pelo incentivo de sempre.

Aos meus professores todo meu respeito e admiração, saibam que vocês estarão sempre em meu coração. Vocês são exemplos a serem seguidos, pois honram com amor a profissão exercida.

A Joclécio Medeiros dedico essa vitória, e agradeço por todo apoio, compreensão e amor.

Aos meus colegas de turma, pelo convívio salutar e aprendizagem compartilhada ao longo desses anos. Em especial ao meu amigo José Iranilson, pela amizade, amor e cumplicidade. Mais do que amigos, somos irmãos em cristo. Agradeço também aos amigos Jessica Débora, Felipe Allan pela amizade, pelo carinho e toda troca de conhecimento, saiba que vocês são especiais.

A colega de curso Ana Cristina pela ajuda e troca de conhecimento durante o transcorrer desse trabalho. Apesar de todas as dificuldades nós conseguimos!

Ao colega Ramon Araújo, pela ajuda de sempre.

Aos meus amigos pela presença, pela ausência diante de tantos afazeres, pelo apoio, pela preocupação, pela partilha, pela alegria e pela grande amizade. Em especial a amiga Isadora Luana Dantas.

Aos técnicos dos laboratórios pela ajuda nos momentos de dificuldade com os experimentos.

Ao IFRN campus Currais Novos, pela colaboração, incentivo e por oportunizar aos alunos conhecimentos e formação humana.

“Mais o Senhor Deus é o meu auxiliador, por isso não me deixei abater o ânimo [...] Sim, mais o Senhor Deus é meu auxiliador, quem vai me condenar?’’ (Is: 50- 7,9).

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a desidratação do molho de tomate caseiro pelo método de secagem em camada de espuma, avaliando a qualidade do produto final obtido. A princípio foram realizados os ensaios preliminares de secagem, com diversos aditivos formadores de espuma. Estabelecido os aditivos, Liga neutra, Emustab e Pectina e a formulação do molho, foi realizado a caracterização físico-química do molho de tomate caseiro e dos pós reconstituídos. Avaliou-se os efeitos das concentrações de pectina a 0%, 1% e 2% e das temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC, avaliando o comportamento das curvas de secagem e a influencia da pectina no processo. As formulações foram desidratadas em estufa com circulação de ar forçada, na temperatura de 70ºC, 80ºC e 90ºC, com a espessura de espuma de 1 cm. Para os pós do molho de tomate foi realizada a caracterização físico-química, como atividade de água, umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogeniônico, determinação da solubilidade e o tempo de reconstituição. Conforme os resultados obtidos das secagens com temperaturas de 80ºC e 90ºC nas concentrações 0%, 1% e 2% as curvas de secagem apresentaram semelhança, variando apenas o tempo de desidratação exceto as espumas a 0% com temperaturas de 70ºC e 80ºC e as espumas com concentração de 2% a 80ºC e 90ºC que exibiram tempos de secagens iguais. Os pós do molho de tomate apresentaram um pH ácidos, teor de sólidos solúveis entre 6,13±0,01 a 6,38±0,01 baixa atividade de água (0,32 em média) e umidade de 5,9±0,05 a 6,7±0,20. Os produtos em pó apresentaram elevada solubilidade e rápida reconstituição em água. De uma forma geral, o tomate se apresentou de maneira satisfatória com o processo de secagem em camada de espuma.

Palavras-chave: Molho de tomate em pó. Desidratação. Camada de espuma.

ABSTRACT

This study aimed to study the dehydration of homemade tomato sauce by drying method foam layer, evaluating the quality of the final product. The first preliminary tests of drying were carried out with various foaming additives. Established additives, neutral League emustab and pectin and the formulation of the sauce, was carried out physico-chemical characterization of homemade tomato sauce and post reconstituted. We evaluated the effects of pectin concentrations of 0%, 1% and 2% and temperature of 70ºC, 80ºC and 90ºC, evaluating the behavior of drying curves and the influence of pectin in the process. The formulations were dried in an oven with forced air circulation at a temperature of 70ºC, 80ºC and 90ºC, with a thickness of 1 cm foam. For the post of tomato sauce was performed physicochemical characterization, such as water activity, moisture, total soluble solids, hydrogenionic potential, determining the solubility and time of reconstitution. According to the results obtained from drying at temperatures of 80 ° C and 90 ° C at concentrations of 0%, 1% and 2% the drying curves were similar, varying only the dehydration time excluding 0% to foam at temperatures of 70 ° C and 80 ° C and foams with a concentration of 2% at 80 ° C and 90 ° C showed that the same drying times. The post of tomato sauce had an acid pH, soluble solids content between 6.13 ± 0.01 to 6.38 ± 0.01 low water activity (0.32 on average) and humidity of 5.9 ± 0 , from 05 to 6.7 ± 0.20. The powdered product showed high solubility and rapid reconstitution in water. In general, tomato performed satisfactorily with the drying process of the foam layer.

Keywords: Powder tomato sauce. Dewatering. *foam-mat*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **11**
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **13**
2.1. TOMATE. 13
2.1.1. **Composição do tomate e seus produtos processados** 14
2.2. SECAGEM 15
2.2.1. **Curvas de secagem** 15
2.2.2. **Secagem em camada de espuma *(foam-mat drying*)** 17
2.3. ADITIVOS ALIMENTARES 19
2.3.1. **Emulsificantes** 19
2.3.2. **Estabilizantes** 20
2.4. PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM PÓ 22
3. MATERIAL E MÉTODOS **23**
3.1. METODOLOGIA EXPERIMENTAL. 23
3.1.1. **Obtenção do molho de tomate** 23
3.2. ENSAIOS PRELIMINARES 24
3.3. CINÉTICA DE BATIMENTO 25
3.4. PREPARO DA ESPUMA. 26
3.5. DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA E DA EXPANSÃO 26
3.6. CINÉTICA DE ESTABILIDADE DA ESPUMA. 27
3.7. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ESPUMAS 27
3.8. SECAGEM 28
3.8.1. **Planejamento das secagens** 28
3.8.2. **Secagem em camada de espuma e obtenção do pó** 29
3.9. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA *IN NATURA* E DOS PÓS 30
3.9.1. **Atividade de água (a_W)** 30
3.9.2. **Umidade** 30
3.9.3. **Sólidos Solúveis Totais** 30
3.9.4. **Potencial hidrogeniônico (pH)** 31
3.10 SOLUBILIDADE 31
3.10.1. **Tempo de reconstituição** 31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES. **32**
4.1. ENSAIOS PRELIMINARES 32

4.2. DENSIDADE, EXPANSÃO E CINÉTICA DE BATIMENTO DA ESPUMA 33
4.3. CINÉTICA DE ESTABILIDADE 37
4.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA DOS MOLHOS DE TOMATE *IN NATURA*. 38
4.5. SECAGEM 40
4.5.1. **Avaliação das curvas de secagem** 40
4.5.2. **Rendimentos dos pós do molho de tomate após a secagem**. 43
4.5.3. Caracterização físico-química dos molhos de tomate em pó reconstituído..... 43
4.5.4 Avaliação da solubilidade e reconstituição 45
5. CONCLUSÃO..... 47
REFERENCIAS 48

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de produtos agrícolas, cuja disponibilidade e diversidade são acessíveis a grande parte da população. Mesmo com o aumento da produção e exportação de vegetais, é necessário reduzir as perdas ao longo da cadeia de produção. É estimado que 40% da produção destes produtos no Brasil é perdida, devido a sua perecibilidade e fragilidade. Com isso estes fatores prejudicam a comercialização em razão á distância dos mercados consumidores e sazonalidade, sendo preciso à utilização de armazenamento e transporte refrigerado (ALSINA et al. 2014).

O tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) é um produto agrícola amplamente cultivado e consumido no mundo. Este vegetal é rico em licopeno e vitaminas A e C. A ingestão de licopeno vem sendo associado à redução no risco de desenvolver câncer de próstata e doenças cardiovasculares (CRUZ; BRAGA; GRANDI, 2012). Em 2011, de acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO), a produção mundial de tomate foi de 159 milhões de toneladas (FAO, 2013). Este é classificado como um fruto climatérico e, devido à elevada perecibilidade, está entre os produtos hortícolas com maiores perdas. As técnicas de secagem são utilizadas como uma alternativa para evitar a degradação, uma vez que o tomate é totalmente compatível com a técnica de *foam-mat* (DAMODARAN; FENNEMA; PARK, 2010).

Devido ao grande desperdício a realização de alguma forma de processamento reduz as perdas quando a demanda de vegetais processados é maior que seu consumo, garantindo a disponibilidade destes produtos fora dos períodos de picos produtivos (EIK, 2008).

A Secagem é uma técnica que apresenta diversas vantagens, dentre as quais a facilidade na conservação do produto; a proteção contra reações de degradação; a redução do peso; a economia de energia por não necessitar de refrigeração; e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano. É também um dos processos mais utilizados para melhorar a estabilidade dos alimentos, uma vez que diminui consideravelmente a atividade de água, reduz a atividade microbiológica e minimiza alterações físicas e químicas durante o armazenamento (MAYOR; SERENO, 2004). Chenarbon e Hasheminia (2011), citam que durante o processo de secagem é necessário preservar a textura, cor, sabor e o valor nutricional do alimento e alcançar um teor de umidade que minimize as perdas quantitativas e qualitativas do produto desidratado durante o tempo de estocagem.

Dentre as técnicas empregadas com a finalidade de obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), se destaca por se tratar de um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA et al. 2008).

Este tipo de processo consiste, basicamente, de três etapas: produção do molho de tomate em forma de uma espuma estável, utilizando-se aditivos; secagem do material em camada fina até desidratação final; desintegração da massa seca em escamas e, finalmente, em pó.

Considerando a grande diversidade de referências sobre secagem *foam-mat,* pretende-se utilizar esses dados no presente trabalho cujo objetivo é realizar um estudo sobre a secagem em camada de espuma do molho de tomate caseiro em pó com adição de aditivos alimentares, objetivando especificamente a definição das formulações, determinação do tempo de batimento a partir da densidade, obtenção das curvas de secagem e comparação entre as secagens e os produtos em pó processado nas diferentes condições de secagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TOMATE

O Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill) é originado na Região Andina, região ocidental da América do Sul, e também da América central. O fruto é carnoso possui sementes uniformes e pequenas. São constituídos por 90% de água, e rico em fibra e licopeno, as sementes apresentam quantidades consideráveis de ácidos graxos insaturados (ABRAHÃO, 2014).

Segundo ABRAHÃO (2011), a composição dos frutos é dependente do método de cultivo, nutrição e condições ambientais. Apresentam baixo valor calórico, sendo rico em cálcio e vitamina C. Os sólidos solúveis totais apresentam maior concentração na fase final de maturação e são constituídos de 65% dos açúcares (sacarose e frutose).

O tomateiro é uma planta herbácea anual da família das *Solanaceae* normalmente implantada em áreas novas ou em locais onde se procede à rotação de cultivo com outras espécies (FONTES et al. 2004). O peso unitário do fruto varia de acordo com o tipo, 25g (cultivares tipo cereja) ate 300g em cultivares de frutos maiores tipo salada (PEREIRA; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2006).

O fruto pode ser encontrado nas cores amarela, rosada e laranja, embora o mais comum de encontrar é na coloração vermelha, devido possuir um ao alto teor de licopeno. Este carotenoide, devido a sua estrutura química figura como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres, especialmente aqueles derivados do oxigênio (MONTEIRO et al. 2008). A Figura 1 mostra os tomates que foram utilizados na formulação dos molhos de tomate.

Figura 1- Coloração comumente encontrada em frutos do tomateiro maduro.

Fonte: Do próprio autor.

Guilherme (2007), destaca que o tomate tem assumido o status de alimento funcional, considerando-se as evidências epidemiológicas que o apontam como sendo responsável pela redução do risco de certos tipos de câncer. O fruto possui substâncias antioxidantes como ácido ascórbico, licopeno, β-caroteno e compostos fenólicos, que desempenham papel preventivo, especialmente contras as doenças crônicas não transmissíveis. Devido a essas características, o tomate tem se popularizado e seus produtos vêm sendo utilizados em larga escala na dieta alimentar, contribuindo para uma dieta saudável e equilibrada, podendo ser consumido de forma *in natura* ou processado.

O tomate é uma das hortaliças mais importantes no Brasil, tanto pelo ponto de vista econômico e social, associado à geração de empregos e ao volume produzido (MAGALHÃES; FERREIRA; MORETTI., 2009). Além disso, o tomate possui altos teores de vitaminas A e C. Cerca de 80% do licopeno ingerido pelo homem é originário do tomate e de seus derivados (DAMODARAN; FENEMMA; PARKIN., 2010).

2.1.1 Composição do tomate e seus produtos processados

Os constituintes do tomate e seus produtos processado também incluem proteínas, fibra alimentar, lipídeos como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Composição do tomate in natura e produtos derivados.

Descrição dos Alimentos	**Umidade (%)**	**Proteína (g)**	**Lipídeos (g)**	**Fibra alimentar (g)**	**Cinzas (g)**
Tomate, extrato	79,7	24	0,2	2,8	2,8
Tomate, molho industrializado	88,1	1,4	0,9	3,1	1,9
Tomate, purê	90,8	1,4	Tr	1,0	1,0
Tomate, salada	93,6	0,8	Tr	2,3	0,4

Fonte: Adaptado de TACO, 2011. *Tr: Traço

O tomate é um dos vegetais mais versáteis podendo ser consumido fresco ou como produtos processados como tomate seco, tomate inteiro, tomate sem pele, purê, polpa, extrato, catchup, molhos e tomate em pó.

2.2. SECAGEM

Desde tempos remotos é utilizada a operação de secagem. Esse método antigo começou a ser usado quando o homem percebeu que a carne e grãos quando secos naturalmente poderiam ser armazenados por longo tempo. O homem ao descobrir os benefícios que o método oferecia, desenvolveu vários processos de secagem que visam agregar valor aos alimentos e consequentemente conservá-los por determinado tempo.

A secagem é um processo tradicional na preservação de alimentos, que diminui a disponibilidade da água (atividade de água) para reações de deterioração, aumenta a estabilidade e reduz o volume. Sendo assim, combina a economia de volume e massa no transporte e no armazenamento em razão da compactação e da leveza, com os efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química e enzimática, possibilitando que o produto tenha maior durabilidade. Bem como, resulta em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado (FELLOWS, 2006; SHIGEMATSU et al. 2005).

2.2.1 Curvas de secagem

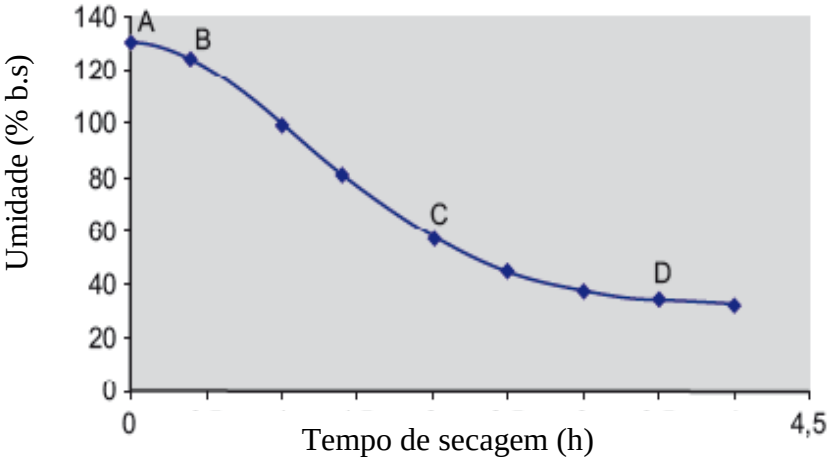
O alimento quando é desidratado, ele não perde água a uma velocidade constante ao longo do processo. Com o avanço da secagem, sob condições fixas, a taxa de remoção de água diminui. Sendo assim, a forma precisa de uma curva de secagem normal varia conforme o alimento, com os diferentes tipos de secadores, e em resposta às variações das condições de secagem tais como a umidade, temperatura, a velocidade do ar, o sentido do ar, a espessura do alimento, entre outros fatores (MELONI, 2003).

Segundo Park et al. (2007), o período de secagem é geralmente dividido em dois, sendo um de velocidade constante e outro de velocidade decrescente. No primeiro período as transferências de calor e massa são analisadas da superfície do material, enquanto que no segundo período as análises são baseadas nas transferências internas que governam a secagem.

A taxa de secagem pode ser acelerada com o aumento da temperatura do ar de secagem e/ou, com o aumento do fluxo de ar que passa pelo produto por unidade de tempo. Com isso, a quantidade de ar que é utilizada para a secagem depende de vários fatores, entre eles a umidade inicial do produto e a espessura da camada do alimento (GOUVEIA et al. 2003).

A cinética de secagem e/ou a velocidade que o alimento perde umidade é controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis de velocidade, umidade relativa do ar e temperatura. O conteúdo de umidade de um alimento, durante o processo de secagem, é apresentado na curva abaixo como mostra a Figura 2 (EMBRAPA, 2010).

Figura 2- Umidade do alimento durante o processo de secagem.



Fonte: EMPRABA, 2010.

Na Figura 2, o segmento AB está relacionado ao período em que o alimento se adapta às condições de secagem e sua temperatura atinge um valor constante. Essa igualdade se mantém durante o segmento BC. Com isso, a água removida nesse período é principalmente a água superficial se o sólido for não poroso como cereais, vegetais e outros, sendo curto esse período. Já se o sólido for poroso como o sal, açúcar, ácido cítrico e outros. O período BC é um pouco mais extenso, pois a água superficial vai sendo substituída pela do interior do sólido, que não encontra dificuldade de escoamento em razão dos poros do alimento. Deste modo, o período de secagem constante no segmento BC é mais pronunciado em materiais com umidade elevada.

O ponto C remete ao fim do período de secagem constante, e a umidade, nesse ponto, é considerada como umidade crítica, iniciando-se o primeiro período decrescente. No segmento CD, cada vez menos líquido está na superfície do sólido para evaporar, e

essa se torna cada vez mais seca, podendo ocorrer rachaduras na superfície do alimento. Do ponto D em diante, tem-se o segundo período de velocidade decrescente, na qual, a umidade do alimento diminui até atingir a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Quando a umidade de equilíbrio (teor mínimo de umidade) é atingida, conclui-se o processo de secagem.

De acordo com Celestino (1998), a umidade de equilíbrio é atingida quando o alimento é deixado por tempo suficientemente longo em determinada condição de temperatura e umidade relativa do ar que o envolve. Nessa condição, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é igual à pressão parcial de vapor de água contida no ar.

2.2.2 Secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*)

Segundo a descrição de Machado et al. (2015), a desidratação de produtos alimentícios é um processo amplamente utilizado para melhorar a estabilidade dos alimentos através da redução da atividade de água do produto, com consequente redução da atividade microbiológica e minimização de algumas alterações físicas e químicas durante o armazenamento. Sendo assim, os processos de secagem são de extrema importância para a indústria alimentícia de uma forma geral, pois possibilita a redução de custos com a armazenagem, proporciona uma maior facilidade no transporte dos alimentos, bem como garante um maior valor agregado ao produto. Entre as técnicas empregadas tem-se o processo de desidratação em camada de espuma ou *foam- mat*.

A secagem *foam-mat* é relativamente antiga, mas teve atenção renovada por sua habilidade em transformar matérias-primas de difícil secagem em produtos com qualidade e características finais desejáveis, com fácil reidratação, preservação da cor e sabor (RAJKUMAR, KAILAPPAN, 2006; KUDRA, RATTI, 2008).

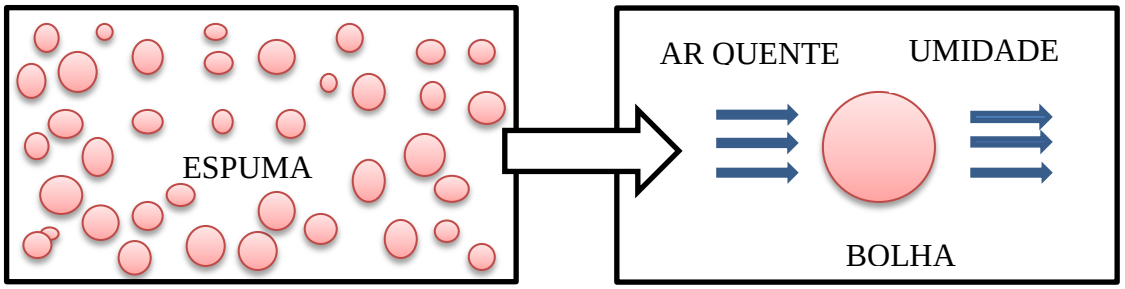
O processo de desidratação em camada de espuma (*Foam-mat drying*), desenvolvido por (MORGAN et al. 1959), apresenta-se como uma alternativa para produção de alimentos em pó por se tratar de um processo simples, de baixo custo, que proporciona secagem rápida com preservação da qualidade do produto (CRUZ, 2013). Devido a estas vantagens, o método tem sido bastante utilizado em pesquisas com frutas (CHAVES et al., 2013; KANDASAMY et al. 2012).

Sankat e Castaingne (2004), relatam que esta técnica é aplicada à secagem de alimentos líquidos ou semi-líquidos, os quais são transformados em uma espuma estável pela incorporação de ar em sua estrutura e adição de agente emulsificante/estabilizante. O

processo possui baixo custo quando comparado a métodos convencionais industriais. O produto obtido tem alta qualidade e oferece grandes possibilidades comerciais, podendo ser aplicado em alimentos como café, sucos de laranja, carambola e outros produtos instantâneos.

A figura 3 mostra o esquema do mecanismo de secagem pelo método em camada de espuma. Pode-se perceber no esquema, que após o batimento formou-se uma grande superfície de espuma que quando exposta a corrente de ar quente ocorre facilmente à secagem, devido ao movimento da umidade através das películas liquidas que separa as bolhas da espuma (DANTAS, 2010).

Figura 3- Modelo esquemático da secagem por *foam-mat*.



Fonte: DANTAS, 2010. (Adpatado)

As espumas que colapsarem durante pelo menos uma hora a temperatura ambiente são consideradas mecanicamente ou termicamente estáveis para o processo inteiro de secagem. Com isso, termicamente, espumas estáveis conservam a sua estrutura porosa, o que ajuda na melhoria das propriedades de reconstituição do produto seco.

A secagem em camada de espuma tem sido testada para vários tipos de polpas de frutas, evidenciando resultados promissores.

Monzelle (2009), usou a técnica de secagem em camada de espuma para desidratar caldo de cana a 50, 60 e 70 ºC. No decorrer do estudo cinético da secagem, não observou taxa de secagem constante no processo, verificou que a umidade do pó teve uma redução de 99,23% e a atividade de água de 63,62%. Ainda segundo o mesmo autor, a temperatura de 70ºC apresentou menor tempo de secagem.

Dantas (2010), ao estudar o processo *foam- mat* avaliou o método de secagem das polpas de abacaxi e manga, analisando o efeito da temperatura (60 e 70ºC) e espessura da camada de espuma (4 e 11mm) sobre a secagem, como também o comportamento das curvas de secagem. A temperatura de 70ºC e a espessura de 4mm favoreceram melhor taxa

de secagem. Os pós das frutas desidratadas a 70ºC apresentaram maior retenção de ácido ascórbico devido ao menor tempo de exposição das espumas ao calor.

Gurgel (2014), estudou o método de desidratação da polpa de graviola (*Annona muricata L*) em camada de espuma, avaliando-se o desempenho do processo e as características do produto obtido. Estudaram-se os efeitos da temperatura (50°C, 60°C e 70°C), espessura da camada (0,30 cm, 0,45 cm e 0,60 cm) e concentração de leite (0%, 20% e 40%) na cinética de secagem, observando-se o comportamento das curvas e as características físicos-químicas do produto em pó. Os resultados indicaram que, a graviola em pó apresentou características adequadas para conservação, com elevada solubilidade do pó e curto tempo de reconstituição.

Fernandes et al. (2014), investigaram a influência da adição de agente espumante e da temperatura de secagem nas características dos pós produzidos a partir de polpa de tomate *in natura*. Os pós foram produzidos nas temperaturas de secagem de 60ºC e 80ºC em secador de bandejas com circulação e renovação de ar forçado. Para todas as secagens, a espuma foi uniformemente depositada em bandejas planas medindo 40 cm Os tempos necessários para se atingir a umidade de equilíbrio na temperatura de 60 °C foram de 400 minutos e 590 minutos para os tratamentos com espuma e sem formação de espuma, respectivamente. Já para a temperatura de secagem de 80 °C os tempos foram menores quando comparados à temperatura de 60 °C sendo de 180 minutos e 240 minutos para os tratamentos com espuma e sem formação de espuma.

Franco (2015), desidratou suco de batata yacon, pelo método de camada de espuma visando o aumento da sua vida útil. Espumas de suco e suco concentrado de yacon foram formadas a partir da adição de ovoalbumina e de um agente espumante. A desidratação foi efetuada em estufa convectiva com variações na espessura da camada (0,5, 1,0 e 1,5 cm) e na temperatura do ar de secagem (50 60 e 70ºC). A combinação entre a maior temperatura de secagem (70 ºC) e a menor espessura da camada de espuma (0,5 cm) levou menor tempo para o produto atingir sua umidade de equilíbrio e gerou produtos com maior estabilidade frente às modificações microbiológicas e enzimáticas (baixa umidade e atividade de água), sem o comprometimento de sua composição e características físicas, que se mostraram adequadas para o consumo puro ou como ingrediente em formulações alimentares.

2.3. ADITIVOS ALIMENTARES.

Os aditivos alimentares são substâncias bastante utilizados, na qual, são adicionadas em alimentos com o propósito de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensórias durante o processamento de um alimento A secagem *foam mat* é um processo que faz uso de aditivos que tem por finalidade fortalecer a área de interação e manter a estrutura da espuma durante os processos de secagem.

2.3.1 Emulsificantes

Segundo Pavanelli (1998), emulsificantes são ingredientes que de algum modo auxiliam no aumento da estabilidade das emulsões, podendo ser emulsionantes ou agentes espessantes. Para exercer sua ação, possui em sua estrutura uma parte hidrofílica que interage com a água, e outra lipofílica, com afinidades por óleo ou substâncias apolares.

Na indústria alimentar, os emulsionantes mais utilizados são as proteínas, os tensoativos de baixa massa molecular e os fosfolipídios. As proteínas facilitam a formação dos filmes interfaciais através da diminuição da tensão superficial interfacial, garantindo ainda a estabilidade dos filmes e da emulsão ao longo do tempo (McCRAE; LAW; LEAVER, 1999).

O aditivo Emustab tem apresentado bons resultados como emulsificante, sendo composto por estabilizantes como monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (tensoativo/ agentes de aeração estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitana (estabilizante), polioxietileno de monoestearato de sorbitana (tensoativo) e apresenta o sorbato de potássio como conservante (GURGEL, 2014).

Com isso, são apresentados outros possíveis agentes espessantes, sendo eles, a goma xantana, albumina, proteína de soja e dentre outros, os quais auxiliam para o aumento da viscosidade melhorando a estabilidade da emulsão (DANTAS, 2010).

2.3.2 Estabilizantes

Soler e Veiga (2001), diz que os estabilizantes são substâncias hidrocolóides e, portanto, tem uma alta capacidade de retenção de água, o que proporciona uma textura macia e corpo ao produto final. Aumentam a viscosidade, da uniformidade ao produto e, com algumas exceções, tendem a uniformizar a formação de espuma durante a agitação.

Os estabilizantes podem atuar como espessantes, como é o caso da goma agar-agar, dos alginatos, da carboximetilcelulose (CMC) e dos monos e diglicerídeos, podendo ser utilizados em saladas, pós-alimentícios, sorvetes e dentre outros (EVANGELISTA, 1998).

Entre os estabilizantes mais utilizados na indústria alimentícia estão às gomas guar, carboximetilcellose (CMC), carragenas, gelatina, pectina, e outras combinações (SOLER e VEIGA, 2001).

O aditivo liga-neutra é um produto a base de sacarose e dos espessantes carboximetilcelulose (CMC) e goma guar. A liga neutra é apresentada em forma de pó, enquanto o emulsificante é um gel. Sendo assim, a mesma atua como estabilizante nos alimentos absorvendo e fixando a água livre, retardando a viscosidade, melhorando a textura, e atribuindo cremosidade (GURGEL, 2014).

A tabela 2 mostra alguns estudos realizados de desidratação pelo método *foam-mat* e os tipos de aditivos utilizados.

Tabela 2- Trabalhos realizados pelo método de secagem *foam-mat* e os tipos de aditivos utilizados para formação de espuma.

Fruta/espécie	**Temperatura**	**Aditivo**	**Referência**
Laranja/ *Citrus sinensis*	60°C	**Albumina e Metilcelulose**	SEGURA, E; MONROY, L. A; MANRIQUE, G; 1990.
Acerola/ *Malpighia emarginata D.C.*	60 – 70°C	**Pectina Cítrica e Emustab**	SOARES, E. C. et al, 2001.
Abacaxi/ *Ananas comosus L* Manga/ *Mangifera indica L*	60 – 70°C	**Liga Neutra Artesanal e Emulsificante**	DANTAS, S. C. M. 2010.
Tomate/ *Solanum lycopersicum*	60 – 80°C	**Albumina**	FERNANDES, R. V. B., et al. 2013
Graviola/ *Annona muricata L.*	50, 60 e 70°C	**Emustab e Liga Neutra**	GURGEL, C. E. M. R; et al. 2015

Fonte: Do próprio autor.

2.4. PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM PÓ

A produção dos vários tipos de alimentos em pó tem grande consumo, seja de forma direta ou indireta, na qual, esses alimentos, passam a ser utilizados como ingrediente industrial, no uso doméstico ou ate mesmo para processamento de outros produtos, como os corantes, saborizante, devido à praticidade dos produtos em pó apresentarem grandes vantagens como baixa atividade de água, vida útil longa e facilidade na aplicação.

Segundo Tsami, Krokida, Drouzas (1999), comentaram que a busca pela praticidade motiva a produção de alimentos congelados, em conserva e em pó. Portanto, um dos métodos mais eficientes para fornecer esta produção é a secagem de alimentos, que é uma técnica de conservação particularmente importante para frutas e vegetais, os quais contêm elevada composição de água, o que acarreta em um alto grau de deterioração por meio da ação de microrganismos, atividade enzimática, e outros.

Vieira; Figueirêdo; Queiroz (2007), ao desidratarem pitanga pelo método da secagem em camada de espuma, utilizando estufa com circulação forçada de ar a 70°C. constataram que pó apresentou alta higroscopicidade alcançando no período de tempo de 2 a 30 dias, umidade de equilíbrio entre 69,66 e 88,92% (base seca) e atividade de água entre 0,8511 e 0,8677.

Goula e Adamopoulos (2005), relataram que algumas características do pó de tomate (teor de umidade, densidade e a solubilidade) obtido por spray dryer são dependentes das condições de secagem, ou seja, da temperatura do ar de entrada, do fluxo do ar de secagem e do fluxo do ar comprimido. Segundo diversos autores, as diferentes condições de secagem também podem causar a degradação do licopeno durante a fabricação de tomate em pó (GIOVANELLI et al., 2002; GOULA et al., 2006; DAVOODI et al., 2007; MACHADO, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos laboratórios de análises de processamento de alimentos e frutas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN – Campus Currais Novos, durante o período de Setembro de 2015 a Março de 2016.

3.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1.1 Obtenção do molho de tomate

Os tomates (*Lycopersicon Esculentum* Mill), cebolas, alho, coentro em pó, orégano, açúcar e sal utilizados nas formulações do molho. Os insumos foram adquiridos na feira livre e supermercado do município de Currais Novos, RN, Brasil.

Os frutos foram submetidos à lavagem com água corrente para remoção das sujidades, em seguida, foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a uma concentração de 100 ppm por 10 minutos. Prosseguindo a lavagem e sanitização, os vegetais foram descascados, cortados e triturados em liquidificador doméstico, da marca Arno, adicionando cebola, alho, condimentos, sal e açúcar na velocidade máxima durante 3 minutos até a obtenção do molho de tomate caseiro. A Tabela 3 mostra as quantidades de cada ingrediente utilizado.

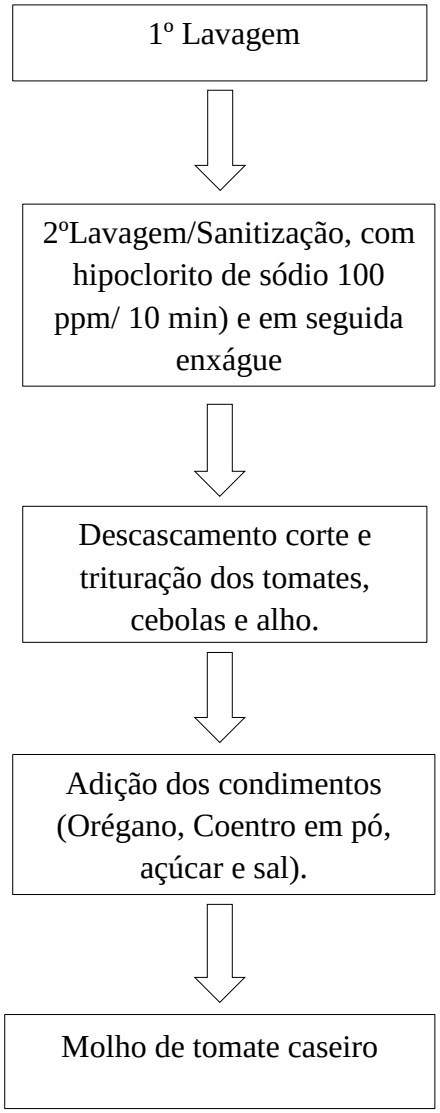
Tabela 3- Ingredientes e quantidades utilizados no molho de tomate caseiro.

Ingrediente	Quantidades (g)
Tomate	300g
Cebola	25g
Alho	5g
Açúcar	3g
Sal, Orégano, Coentro	Á gosto

Fonte: Do próprio autor

A Figura 4 ilustra o fluxograma da obtenção do molho de tomate caseiro

Figura 4 - Fluxograma da obtenção do molho de tomate caseiro



Fonte: Do próprio autor.

3.2 ENSAIOS PRELIMINARES

Os ensaios preliminares tiveram o objetivo de verificar o comportamento do molho de tomate caseiro utilizando o método de secagem *foam-mat*. Foram preparadas espumas juntamente com seus respectivos aditivos em diferentes formulações. As espumas foram avaliadas observando a sua expansão, firmeza, volume, estabilidade e tempo de batimento para a formação da espuma. Escolhido o tomate como matéria-prima e a formulação, foram realizados experimentos para avaliação do comportamento da secagem das espumas e definição das condições de processo. Foram testadas 9 formulações do molho de tomate

caseiro com diferentes tipos de aditivos e condimentos e a partir dos testes e experimentos feitos, a formulação foi definida. Feito todos os ensaios preliminares foram selecionados as espumas que apresentaram melhores resultados em relação aos ensaios de tempo de batimento, densidade e estabilidade da espuma. A Tabela 4 sumariza os ensaios preliminares que foram realizados, incluindo os aditivos, coadjuvantes e concentrações utilizadas nos ensaios de secagens.

Tabela 4- Ensaios preliminares que foram realizados com os respectivos aditivos e suas concentrações.

Ensaios preliminares	Aditivos utilizados	Concentração de aditivos (%)
1º	Emustab + Liga neutra + Pectina	1%
2º	Emustab + Liga neutra	1%
3º	Emustab + Pectina	l%
4º	Extrato de Soja + Pectina	1%
5º	Extrato de Soja	1%
6º	Extrato de soja + Pectina	2%
7º	Lecitina de soja	1%
8º	Lecitina de soja + Pectina	1%
9º	Lecitina de soja	2%

Fonte: Do próprio autor.

3.3 CINÉTICA DE BATIMENTO

Foi realizado em batedeira domestica os batimentos de 5, 10, 20 e 30 minutos das formulações para a produção de espuma, selecionando o melhor tempo de batimento, a partir dos resultados de densidade, utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.4 PREPARO DA ESPUMA

Na preparação das espumas a seguinte metodologia foi adotada: Primeiramente os tomates, cebolas, alho e açúcar foram pesados, em seguida o molho de tomate caseiro foi preparado e todos os ingredientes foram triturados em liquidicador da marca (Liz electric modelo airo), foram adicionados os condimentos como coentro em pó, orégano e sal a gosto e triturados novamente. Após a obtenção do molho o mesmo foi pesado e a massa total foi de 300g. Em contrapartida, adicionavam-se os aditivos liga neutra e emustab nas proporções especificas (300g de molho equivale a 3g de cada aditivos). A mistura do molho mais aditivo era submetida à agitação constante em batedeira domestica, (Arno, Brasil) na velocidade máxima. Ao final do batimento a espuma era submetida ao teste de densidade e determinação da estabilidade. A metodologia empregada nessas avaliações encontra-se descrita nos parágrafos que seguem.

3.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA E DA EXPANSÃO

Na avaliação da expansão das espumas, foram determinadas as densidades do molho de tomate e das espumas com 0%, 1% e 2% de pectina. As densidades foram medidas por picnometria utilizando-se picnômetros padrões de 50 mL previamente calibrados. As medidas foram realizadas em triplicata (GURGEL, 2014).

Para o cálculo da densidade das polpas e das espumas foram utilizadas as equações (3.1) e (3.2)

$$\rho_{amostra} = \frac{m_{amostra}}{V_{picnômetro}} \tag{3.1}$$

$$m_{amostra} = m_{picnômetro+amostra} - m_{picnômetro\ vazio} \tag{3.2}$$

A expansão das espumas foi calculada a partir da Equação (3.3).

$$Exp(\%) = \frac{1/\rho_{espuma} - 1/\rho_{polpa}}{1/\rho_{p\ olpa}} x100 \tag{3.3}$$

Onde:
$\rho_{amostra}$ = densidade da amostra ($g.cm^{-3}$)

$m_{amostra}$ = massa da amostra (g);

$v_{picnômetro}$ = volume do picnômetro (cm^3)

Exp = expansão da espuma (%);

ρ_{polpa} = densidade da polpa (g/cm^{-3});

ρ_{espuma} = densidade da espuma (g/cm^{-3}).

3.6 CINÉTICA DE ESTABILIDADE DA ESPUMA

A cinética da estabilidade da espuma foi realizada a partir de estudos cinéticos da estabilidade da espuma do molho de tomate a temperatura ambiente. Para os ensaios a temperatura ambiente as medidas de volume de liquido desprendido foram acompanhados por um tempo de 3 horas em intervalos de 5, 10 e 20 minutos. A partir da coleta de dados foram construídas as curvas de volume drenado em função do tempo.

3.7 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ESPUMAS

Os testes de estabilidade foram realizados conforme a metodologia descrita em Dantas (2010), na qual, consiste em avaliar o volume de líquido drenado. O esquema montado era composto por provetas de 10 mL, funil de 50 mL e filtro de gases, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5- Estabilidade das espumas do molho de tomate

Fonte: Do próprio autor.

Após o preparo, as espumas eram colocadas aos funis até preencherem completamente o volume de 50 mL e deixadas em repouso. Ao momento que se colocou a espuma nos três funis começou a contagem do tempo, e ao observar o desprendimento da primeira gota de líquido marcava-se se no cronometro um tempo fixo de 5, 10, e 20 minutos durante três horas. A estabilidade é avaliada pelo inverso do volume drenado, ou pela fração de volume que se desprende da espuma no intervalo de tempo de 5, 10 e 20 minutos. Para os cálculos da estabilidade e volume drenado foram empregadas as Equações (3.4) e (3.5) respectivamente (DANTAS, 2010).

$$Estabilidade = \frac{1}{V_{drenado}} \tag{3.4}$$

$$\emptyset = \frac{V_{drenado}}{V_{inicial}} x100 \tag{3.5}$$

Onde:

$V_{drenado}$ = volume de líquido drenado (mL) durante os 5, 10 e 20 minutos;

$V_{inicial}$= volume inicial da espuma colocada no funil 50 mL;

3.8 SECAGEM

3.8.1 Planejamento das secagens

Para se analisar os diferentes efeitos sejam eles individuais e combinados da temperatura, e concentração de pectina na cinética de secagem e nas características do produto em pó e reconstituído, foram realizados experimentos conforme cujas variáveis independentes foram concentração de pectina (0%, 1% e 2%), temperatura (70°C, 80°C e 90 °C) e espessura da espuma de 1 cm.

Tabela 5- Mostra as condições em que foram realizadas as secagens *foam-mat*.

Secagens	Pectina (%)	Temperatura (°C)	Espessura da forma (cm)
1	0%	70	1 cm
2	0%	80	1 cm
3	0%	90	1 cm
4	1%	70	1 cm
5	1%	80	1 cm
6	1%	90	1 cm
7	2%	70	1 cm
8	2%	80	1 cm
9	2%	90	1 cm

Fonte: Do próprio autor

3.8.2 Secagem em camada de espuma e obtenção do pó

Após definida a formulação das espumas foi realizada os ensaios de secagem conforme o planejamento ilustrados na Tabela 5. As espumas foram colocadas uniformemente em bandeja de alumínio com espessura 1 cm, comprimento 39,5 cm e largura de 25 cm e colocadas em estufa com circulação forçada de ar (LUCADEMA Serie 82). As temperaturas foram fixadas em 70°C, 80°C e 90°C. A pesagem das placas com amostra foi realizada em intervalos de tempo de 5 minutos durante 60 minutos iniciais da secagem. A partir dos 60 minutos os intervalos foram ampliados para 10 minutos. As pesagens foram realizadas em balança semi-analiticas e os experimentos se estenderam até a espuma apresentar peso constante. Concluída a secagem o pó foi acondicionado em potes de polipropileno com capacidade máxima para 145 mL. As embalagens foram etiquetadas e identificadas quanto à data de secagem, temperatura, massa em gramas e duração de secagem. O material foi armazenado sob refrigeração até a realização das análises.

3.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA *IN NATURA* E DOS PÓS

Todas as análises foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus Currais Novos no laboratório de alimentos. O molho e os produtos em pós foram analisados em triplicatas e os métodos de análises utilizados estão descritos abaixo de acordo com a metodologia de Adolfo Lutz (2008).

3.9.1 Atividade de água (a_W)

A atividade de água foi determinada por meio do aparelho (ROTRONIC-Hygropalm) na temperatura de 25ºC. Aproximadamente 1 a 2 gramas das polpas e dos pós foram transferidas separadamente para cápsulas de polietileno e em seguida colocadas no aparelho para atividade de água ser determinada.

3.9.2 Umidade

Foram pesadas amostras (polpa e molho em pós separadamente) de 1 a 5 gramas em pesa-filtros previamente calibrados. Em seguida os pesa-filtros foram colocados na estufa com circulação forçada de ar (ESTUFA 89219) a 105°C até atingirem peso constante. A umidade em base úmida foi calculada conforme a Equação (3.7) (ADOLFO LUTZ, 2008).

$$U = \frac{m_{amostra\ (i)} - m_{amostra\ (f)}}{m_{amostra\ (i)}} \qquad (3.7)$$

Onde:

U = umidade da amostra (base úmida);
$m_{amostra\ (i)}$ = massa da amostra inicial (g);
$m_{amostra\ (f)}$= massa final da amostra até peso constante (g).

3.9.3 Sólidos solúveis totais (SST)

A análise de sólidos solúveis foi determinada à temperatura ambiente (35ºC) em refratômetro de bancada (PORTABLE/REFRACTROMETER), com faixa de medição de 0 a 100% ,devidamente aferido com água destilada. Uma alíquota da amostra do molho de tomate foi colocada sobre o prisma do aparelho e procedeu-se a leitura direta do teor de

sólidos solúveis, sendo expresso em graus ºBrix. Os resultados obtidos foram expressos em ºBrix de acordo com o manual de analise do Instituto Adolfo Lutz.

3.9.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para mensurar o pH tomou-se 5g das amostras em um béquer e adicionou-se 50 mL de água destilada procedendo assim aa homogeneização. As leituras foram realizadas em potenciômetro (THERMO SCIENTIFIC/ORION STAR A 215), devidamente calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.10. Solubilidade

Utilizou-se cerca de 1,037g de amostra do pó de tomate e dilui em 100 mL de água destilada sob agitação de 2500 rpm por 5 minutos. Em seguida, as amostras foram transferidas para tubos e centrifugadas a 2600 rpm por 5 minutos. Alíquotas do sobrenadante (20 mL) foram transferidas para pesa- filtros e submetidos à secagem a 70ºC. O percentual foi calculado a partir da diferença entre o peso final e o inicial do material no pesa-filtro. Para determinar a solubilidade usa-se a equação 3.7 (DANTAS, 2010).

$$Solubilidade = \left(\frac{(m_{pf+amostra)} - m_{pfvazio})x(100 + m_{pó})}{m_{amostra}\ x\ m_{pó}}\right) \qquad (3.7)$$

Onde:

$m_{pf+amostra)}$ = massa do pesa-filtro com a amostra do sobrenadante (g);
$m_{pfvazio}$ = massa do pesa-filtro vazio (g);
$m_{pó}$ = massa de pó que foi diluída (g);
$m_{amostra}$ = massa da amostra sobrenadante (g).

3.10.1 Tempo de reconstituição

Fez-se um balaço de massa para se obter um peso da amostra que atingisse uma pasta com 12º Brix (teor característico de sólidos solúveis totais (SST) da mistura de frutas *in natura*) colocou-se água destilada na amostra em quantidade suficiente e a amostra foi

submetida a agitação a 200 rpm, sendo assim acompanhada com intervalos de 30 segundos, ate que se observasse o desprendimento do pó (DANTAS, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

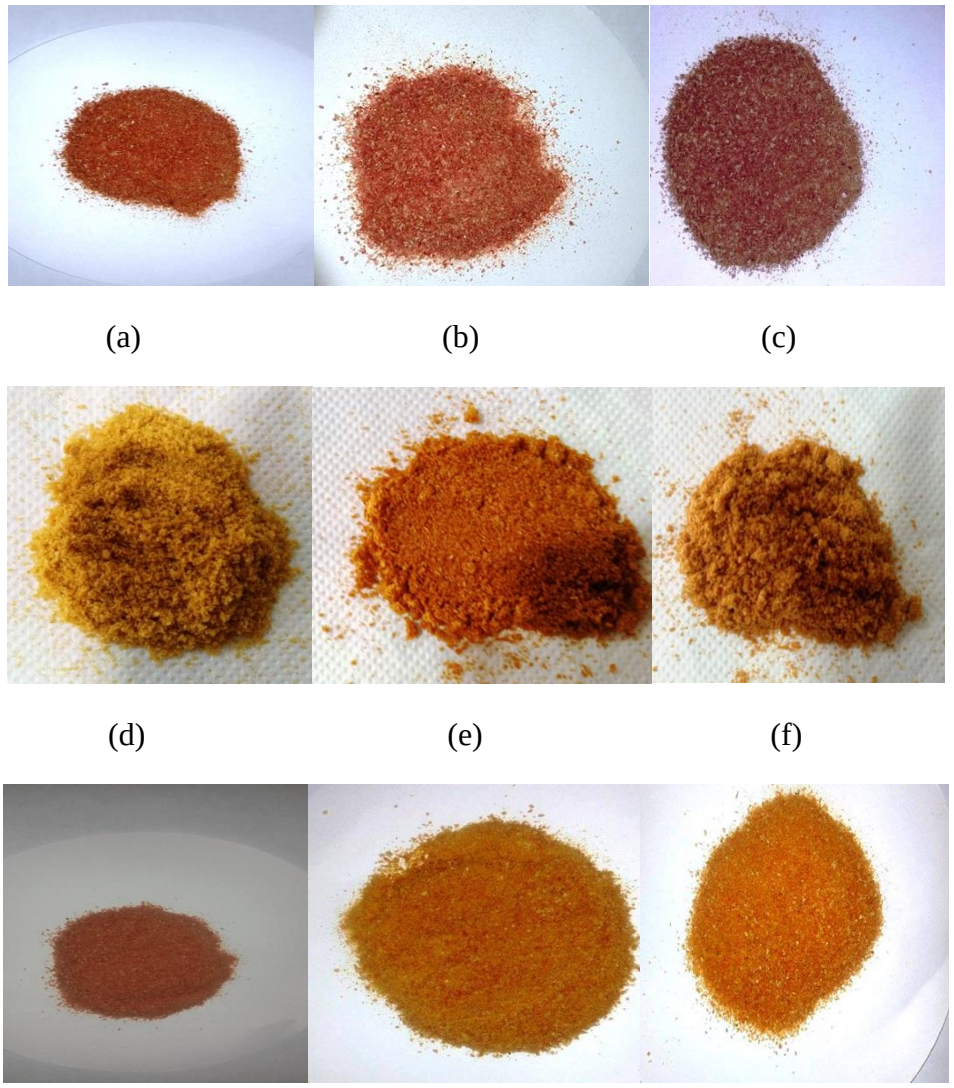
4.1 – ENSAIOS PRELIMINARES

Os ensaios preliminares realizados nesta pesquisa tiveram o objetivo de selecionar o melhor aditivo a ser usado nas formulações das espumas. No entanto, foi feita buscas na literatura sobre trabalhos desenvolvidos sobre o tema *foam-mat* e as diferentes formulações e uso de aditivos utilizados para a formação de espuma. Os critérios estabelecidos para a seleção se basearam nos aditivos e a sua eficácia em formar espuma. Foram avaliadas as espumas do molho de tomate conforme a metodologia descrita no item 3 e de acordo com as formulações listadas na tabela 4 para as espumas de molho de tomate com concentrações de aditivos diferenciadas.

A Figura (6.a) (6.b) (6.c) (6.d) (6.e) (6.f) (6.g) (6.h) (6.i) ilustra o aspecto dos pós das secagens com os diferentes tipos de aditivos e concentrações. Evidencia-se que o ensaio (6.a) com o uso dos aditivos emustab, liga neutra e pectina a 1 % foram satisfatório, acontecendo formação de uma espuma firme e bem expandida. Ao preparar a segunda formulação (6.b) com 1% de emustab e liga neutra foi possível verificar que a mesma formou uma espuma bem similar ao do primeiro ensaio, apresentando uma espuma firme mais com boa expansão. No terceiro ensaio (6.c) a 1% de emustab e pectina a espuma foi formada, mais em consequência da não utilização da liga neutra a estabilidade da espuma não foi satisfatória. Em relação às formulações que fez uso do extrato de soja e os aditivos coadjuvantes, apontou resultados inaptos com relação à formação de espuma e o produto final (pó), refletindo no aspecto sensorial de cor do molho de tomate em pó. Considerando as formulações com lecitina de soja a 1% e 2% foi notável que as mesmas não se comportaram de forma positiva, pois não houve formação de espuma, já a lecitina acompanhada de pectina com concentrações de 1% o resultado já foi diferenciado, pois ao adicionar o aditivo (pectina) a espuma foi formada.

Diante dos resultados obtidos nos ensaios preliminares, a formulação escolhida para realizar as secagens foi o ensaio (6.a) que continha os aditivos emustab, liga neutra e pectina. A partir da escolha dos melhores aditvos as secagens foram realizadas com concentrações de pectina a 0%, 1% e 2%.

Figura 6- Pós de molho de tomate dos ensaios preliminares com diferentes tipos de aditivo.



(a) Emustab, liga neutra e pectina, (b) Emustab, liga neutra, (c) Emustab, pectina, (d) Extrato de soja, pectina, (e) Extrato de soja, (f) Extrato de soja, pectina (g) Lecitina de soja, (h) lecitina de soja, pectina, (i) Lecitina de soja.

Fonte: Do próprio autor.

4.2 DENSIDADE, EXPANSÃO E CINÉTICA DE BATIMENTO DA ESPUMA

Na Tabela 6 são apresentados os valores da densidade das espumas ($g.cm^{-3}$) das diferentes formulações em função das diferentes concentrações de pectina (0%,1% 2,%) e

tempo de batimento (5, 10, 20 e 30 min). Os valores da densidade da espuma do tempo zero não puderam ser determinados em razão de, neste tempo, não existir espuma. Para determinar as densidades foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 6- Valores médios das densidades das espumas (g/mL) para as diferentes concentrações de pectina em função dos diferentes tempos de batimento. Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tempo (min)	**Concentração (%)**		
	0% pectina	**1% pectina**	**2 %pectina**
0	1,1566g/mL±0,009[a]	1,0646g/mL±0,01[a]	1,3872g/mL±0,01[a]
5	0,7431g/mL±0,008[b]	0,2663g/mL±0,002[b]	0,2463g/mL±0,003[b]
10	0,4298g/mL±0,001[c]	0,306g/mL±0,003[c]	0,2351g/mL±0,001[b]
20	**0,3536g/mL±0,005[d]**	0,3538g/mL±0,04[d]	**0,2157g/mL±0,008[c]**
30	0,354g/mL±0,006[d]	**0,2176g/mL±0,01[e]**	0,2161g/mL±0,002[c]

Fonte: Do próprio autor

A partir do resultado do teste de Tukey, determina-se que a 0%, 1% e 2% de pectina, o menor tempo de batimento na obtenção da espuma menos densa, a um nível de significância de 5%, é 20, 30 e 20 minutos, respectivamente.

Tabela 6.1- Expansão das espumas nos tempos de batimento de 5, 10, 20 e 30 nas diferentes concentrações de pectina**.**

	Tempo de batimento (min)			
Expansão da espuma (%)	**5**	**10**	**20**	**30**
0%	55,55±3,18	169±2,26	227,05±7,56	225,2±6,92
1%	153,55±7,70	248,15±8,40	201,15±3,32	390,45±4,06
2%	373,95±4,87	396±3,53	442,25±4,17	440±1,35

Fonte: Do próprio autor

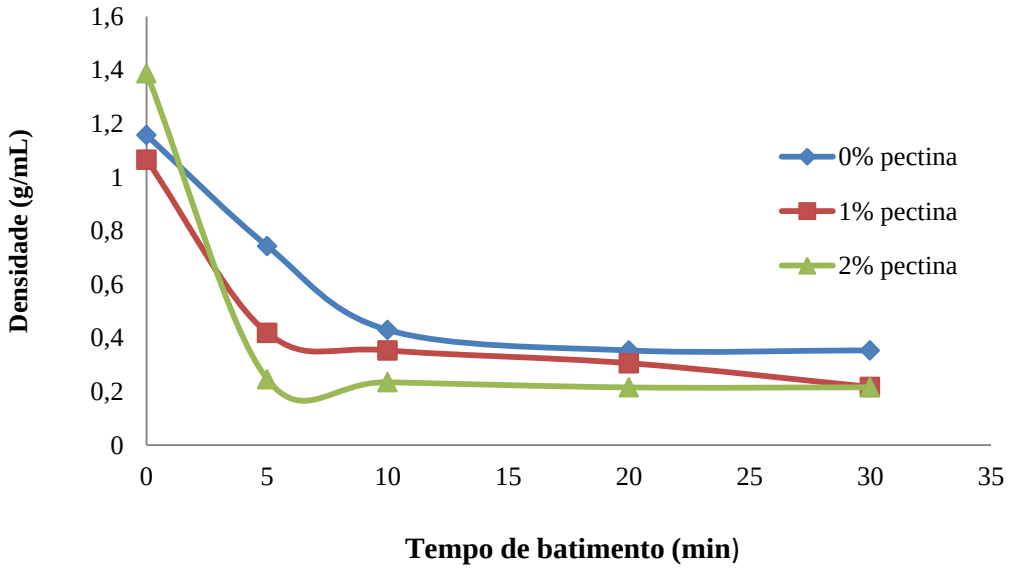
Os valores obtidos da expansão da espuma com concentrações de 0%, 1% e 2% de pectina estão descritos na tabela 6.1 A expansão das espumas foram realizadas em intervalos de tempo de 5,10, 20 e 30 minutos. A expansão a 0% se mostrou mais expansiva no tempo de 20 minutos marcando um valor de 227,05±7,56, já na concentração a 1% a espuma mais expandida foi no tempo de 30 minutos com 390,45±4,06 e na concentração a 2% o melhor tempo foi de 20 minutos.

Dantas (2010), Ao estudar desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat* obteve valores de expansão para a polpa de manga 115,7, 189,5 e 77,4, ao analisar os valores do estudo citado com os valores deste trabalho é possível verificar uma diferença entre as expansões podendo ser explicado a diferença da utilização de aditivos e suas respectivas concentrações.

Em estudo com polpa de pitanga, Chaves e colaboradores (2013), utilizaram agente emulsificante e ao realizar o batimento observaram que sua capacidade de expansão foi afetada diretamente por sua concentração.

Gurgel (2014), estudou a secagem da polpa de graviola (*annona muricata l.*) em camada de espuma. Com isso, notou-se que a adição de leite promoveu maior expansão da espuma, facilitando e aumentando as taxas de secagem.

Figura 7- Cinética da espuma em função do tempo de batimento (minutos) para as formulações contendo diferentes concentrações de pectina.



Fonte: Do próprio autor.

Estão apresentadas na figura 7 as curvas de densidade em função do tempo de batimento (min) para as diferentes formulações, com o tempo máximo avaliado de 30 min. As formulações testadas continham molho de tomate caseiro adicionados de percentuais fixo de 1% emustab e de 1% de super-liga neutra com concentração variável de pectina (0%,1% e 2,%).

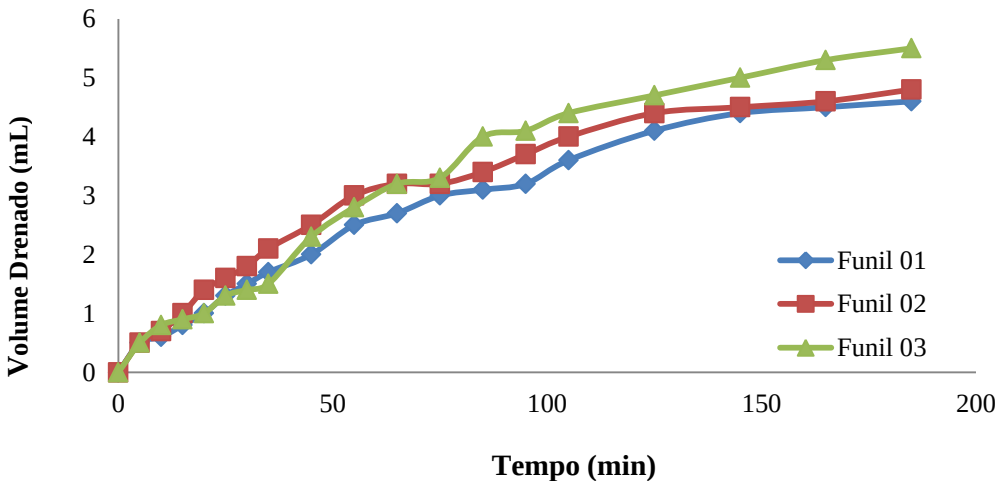
Para as amostras com tempo zero as densidades marcam valores médios de 1,387g.cm^{-3}±0,01 a 1,1566g.cm^{-3}±0,009, apresentando valores elevados. Verifica-se para as amostras com concentração a 0% que durante o processo de batimento com tempo de 5 minutos a densidade se apresentou elevada quando comparada com as concentrações a 1% e 2% com valores de 0,2663g.cm^{-3}±0,002 e 0,2463g/ml±0,0002. Os batimentos de 10 minutos para as diferentes concentrações marcaram valores de densidades com variações de 0,2351 g.cm^{-3}±0,001 a 0,4298 g.cm^{-3}±0,0001. Os resultados obtidos no tempo de batimento de 20 minutos exibem densidades constantes de 0,3536 g.cm^{-3}±0,005 e 0,3538 g.cm^{-3}± 0,02 e variação na concentração a 2%. Portanto, ao analisar os o tempo de 30 minutos acontece uma variação a 0% pectina e valores constantes de 0,2176 g.cm^{-3}±0,01 e 0,2161 g.cm^{-3}±0,001.

Soares et al. (2001), estudando a secagem de polpa de acerola em estufa com circulação de ar, utilizou os aditivos pectina cítrica, emustab e super liga neutra com tempo de batimento de 20 min resultando em uma espuma com densidade de 0,51 g/cm^3.Na opinião de Cruz (2013), ao avaliar a expansão da espuma de polpa de goiaba, utilizando emustab e Liga neutra com concentrações (2,5% a 10%) a densidade das espumas diminuiu com o aumento da concentração de emulsificantes até concentrações de 5%. Ao avaliar os resultados dos autores referenciados nota-se uma dessemelhança nos valores obtidos neste trabalho como mostra a Tabela 6. O que pode ter ocasionado essa diferença foi à concentração de aditivos que foram mais elevados, temperatuta de secagem, composição dos frutos.

4.3 CINÉTICA DE ESTABILIDADE

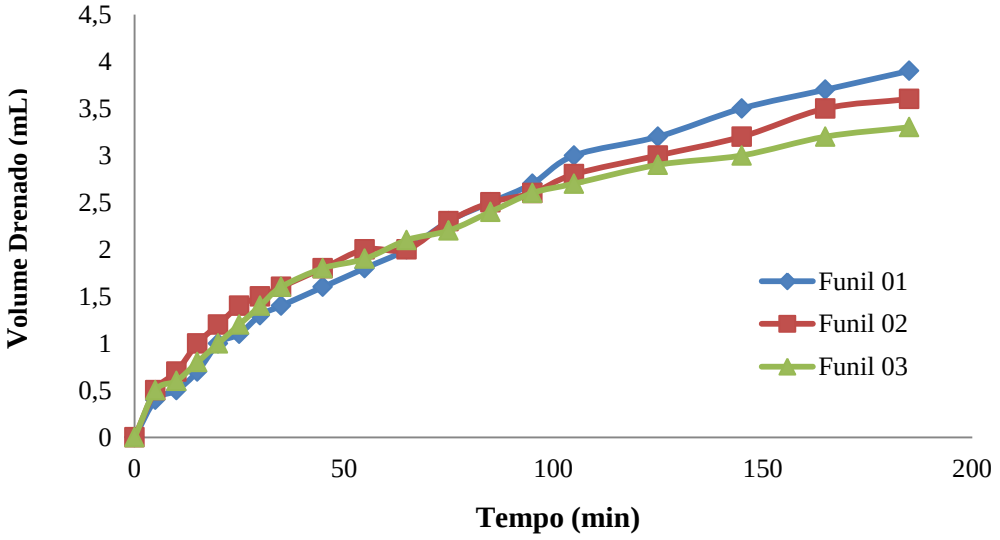
No processo de desidratação em camada de espuma a estabilidade é uma propriedade importante, pois não basta que haja só a formação de espuma, está tem que permanecer estável durante o processo de secagem, garantindo a eficiência do processo e qualidade final do produto. Conforme as Figuras 8 e 8.1 as curvas ilustradas representam o desprendimento do líquido das espumas dos molhos de tomate nas concentrações de 0% e 1% em função do tempo e temperatura (ambiente). A espuma com 2% de concentração não obteve desprendimento, devido possuir alta viscosidade e consequentemente se comporta de maneira estável.

Figura 8- Cinética de dissolução das espumas com concentração de 0% pectina nas temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 8.1- Cinética de dissolução das espumas com concentração de 1% pectina nas temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC.



Fonte: Do próprio autor.

Conforme as Figuras 8 e 8.1, os molhos de tomate nas suas respectivas concentrações apresentam elevada estabilidade à temperatura ambiente, apresentando volumes médios drenados de 9,93±0,4 e 7,2±0,3 para as concentrações de 0% e 1% de pectina, respectivamente.

Comparando-se os resultados da cinética de estabilidade da espuma do molho de tomate com os obtidos por Dantas (2010), nas temperaturas de 60°C e 70°C, verifica-se que os desprendimentos das espumas de manga foram de 0,5; 0,7 e 2,8 e já as de abacaxi foram de 3,6 e 0,7, ao relacionar os valores citados com os obtidos por este estudo percebe-se que a uma diferença significativa, isso pode ser explicado principalmente pelo fato de que autora referenciada usou um tempo de 0 a 30 minutos para verificar o volume desprendido das espumas.

4.4- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MOLHOS DE TOMATE *IN NATURA*

Com base nos ensaios preliminares, foi definida a espuma do molho de tomate para o estudo da secagem em camada de espuma. A caracterização físico-química dos molhos de tomate foram realizadas em triplicatas, determinando-se pH, teor de sólidos solúveis, umidade e atividade de água. Na tabela 7 são apresentados os resultados.

Tabela 7- Análises físico-químicas dos molhos de tomate *in natura*.

Análises	**Análises Físico-químicas**		
	0% pectina	**1% pectina**	**2%pectina**
pH	4,25±0,005	4,23±0,01	4,24±0,01
SST	5,22±0,01	5,32±0,005	5,42±0,01
Aw	0,74±0,03	0,77±0,003	0,771±0,002
Umidade (%)	88,36±0,015	88,33±0,0015	88,37±0,0057

*SST: Sólidos Solúveis Totais *Aw: Atividade de água

Fonte: Do próprio autor

Os molhos de tomate apresentaram valores de pH ácido como mostra a Tabela 7, Comparando os valores encontrados na literatura com os obtidos neste trabalho é possível verificar que os resultados foram mais elevados, devido à matéria prima ter sido obtida em regiões distintas, podendo influenciar na composição do tomate. Rodrigues e seus colaboradores (2012), ao desenvolver estudos sobre Produção artesanal de extrato de tomate (*solanum lycoperaicum*) simples concentrado verificou-se que o pH apresentou o valor de 4,15. A medida de pH é importante para determinar a degradação do alimento com desenvolvimento de microrganismos e atividade das enzimas (CECCHI, 2003).

Para os teores de sólidos solúveis, foi possível obter valores de 5,22±0,01; 5,32±0,005 e 5,42±0,01 do molho de tomate. Silva et al. (2011), obtiveram valores de sólidos solúveis variando de 15,1 a 21,9 ºBrix em catchups comerciais da cidade de Pombal–Paraíba. Fazendo a comparação com o estudo citado acima os valores de sólidos solúveis deste trabalho são inferiores podendo ser justificado em função da composição dos molhos, que pode variar de acordo com a cultivar do tomate, o tipo e as proporções dos ingredientes utilizados na formulação. O Teor de sólidos solúveis é de grande importância, pois verifica a medida da concentração de açúcares e outros sólidos contidos em frutos.

Ao observar as análises de atividade de água do presente trabalho 0,74±0,03; 0,77±0,003 e 0,7±0,002 comparando com o resultado de Agra (2006), o valor médio da atividade de água encontrado para a polpa da manga Haden, foi de 0,991. Os valores

encontrados se mostram inferiores ao estudo de Agra. (2006), isso pode residir no fato do referido autor ter utilizado um fruto com composição química diferente, tipo de solo e época de cultivo.

Os resultados para análise de umidade dos molhos foram 88,36±0,015; 88,33±0,015; 88,37±0,0057 respectivamente. Segundo a TACO (2011), molho de tomate industrializado apresenta 88,1% de umidade. Portanto, ao avaliar os resultados obtidos neste estudo pode-se constatar que os mesmos estão condizentes com a referência da TACO (2011).

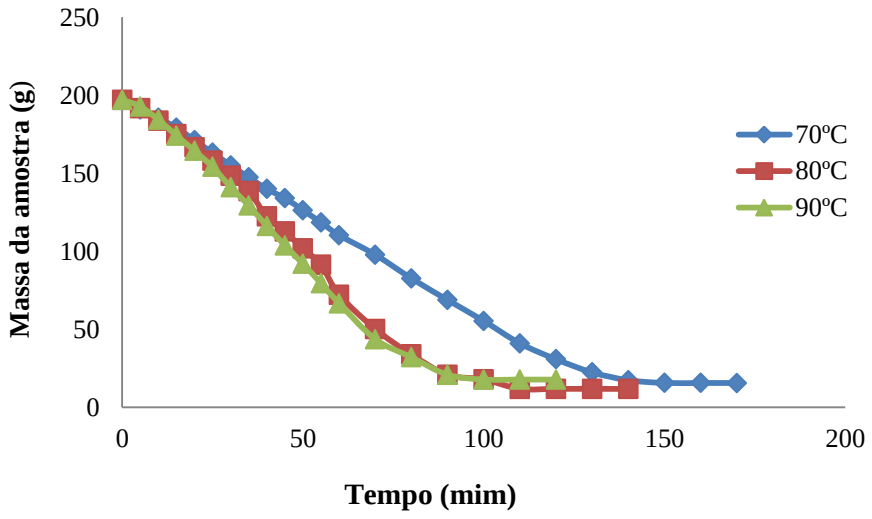
4.5 SECAGEM

A secagem das espumas foi realizada em estufa com circulação de ar com diferentes temperaturas em função das diferentes concentrações de pectina. Volumes aproximados de espuma eram distribuídos em placas com espessura de 1 cm para todas as secagens. Na Tabela 5 item 3 é descrita a metodologia de como foi realizada as secagens, as temperaturas usadas e respectivas concentrações de pectina.

4.5.1 Avaliação das curvas de secagem

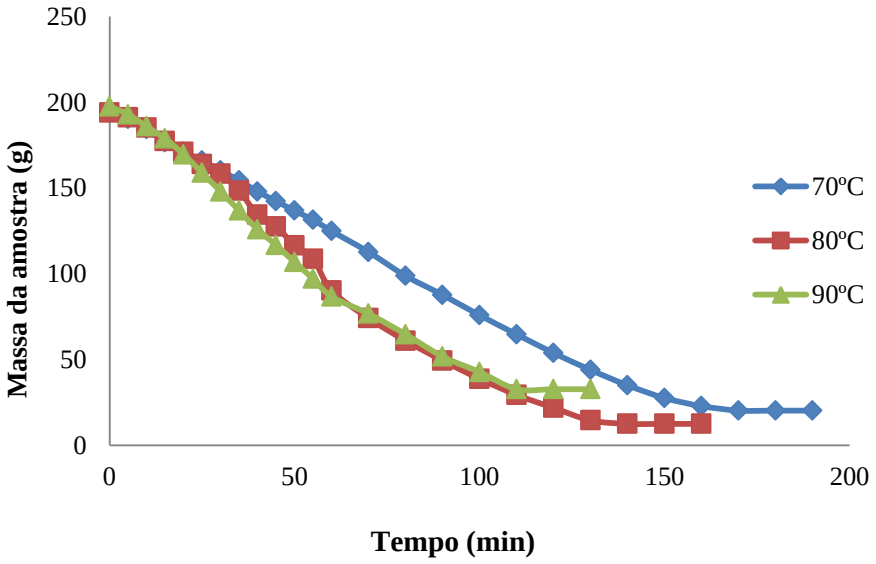
As curvas da taxa de secagem, relacionam a massa da amostra em gramas pelo tempo se secagem em minutos. São exibidas nas Figuras 9, 9.1 e 9.2 as curvas de secagem para as espumas do molho de tomate. Para avaliação da cinética de secagem as mesmas se prorrogaram até que a massa do material permanecesse constante, obtendo-se assim a umidade mínima (de equilíbrio) atingida nas condições de processo empregadas.

Figura 9- Curva de secagem da espuma do molho de tomate a 0% pectina nas temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC e espessuras de 1 cm.



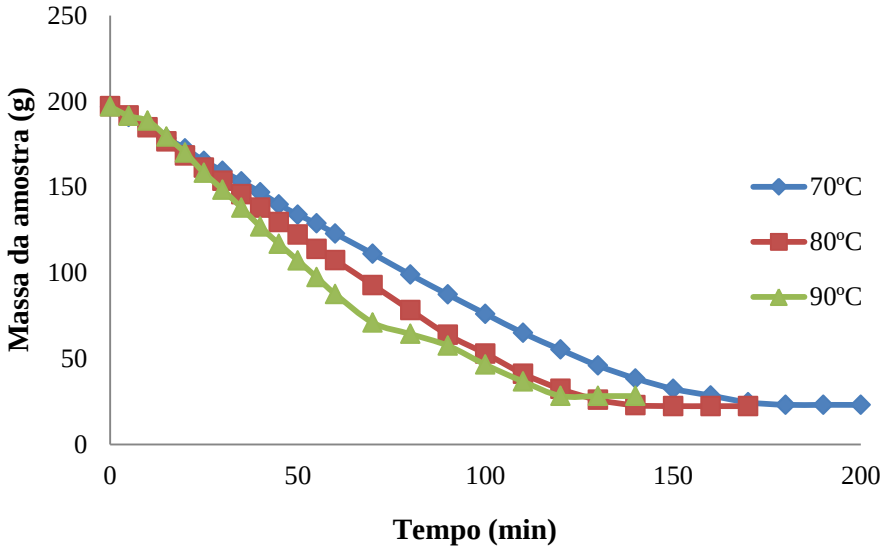
Fonte: Do próprio autor

Figura 9.1 - Curva de secagem da espuma do molho de tomate com 1% pectina nas temperaturas de a 70ºC, 80ºC e 90ºC e espessuras de 1 cm.



Fonte: Do próprio autor

Figura 9.2 - Curva de secagem da espuma do molho de tomate com 2% de pectina nas temperaturas de a 70ºC, 80ºC e 90ºC e espessuras de 1 cm.



Fonte: Do próprio autor

Nas figuras (9, 9.1 e 9.2) observam-se as curvas de secagens das espumas dos molhos de tomate, nas temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC e espessura de 1 cm no processo de secagem.

As curvas que estão relacionadas com as temperaturas de 80ºC e 90ºC nas diferentes concentrações se comportam de forma semelhante, variando apenas o tempo de secagem final. No entanto, as espumas a 0% com temperaturas de 70ºC e 80ºC e as espuma com concentração de 2% a 80ºC e 90ºC exibiram tempos de secagens similar.

Verifica-se também que, quando comparado ao processo em que o molho não possuía pectina, a adição de pectina implicou em um tempo de secagem ligeiramente superior e um maior rendimento do pó.

Todas as secagens resultaram em materiais em pó de qualidade aceitável, sem evidência de pegajosidade ou queima do material, situações muito evidentes em secagens de polpa de fruta pelo método *foam-mat*, especialmente quando são utilizadas temperaturas superiores a 70ºC.

Gurgel (2014), na secagem de polpa de graviola pelo processo *foam- mat*, utilizou temperatura máxima de 70ºC e Dantas (2010), na secagem de polpas de abacaxi e manga pela mesma técnica, empregou temperatura máxima de processo de 70ºC. Em ambos estudos, as pesquisadoras evidenciaram caramelização dos açúcares em temperaturas superiores as usadas em seus trabalhos.

4.5.2 Rendimento dos pós de molho de tomate após a secagem

A Tabela 8 apresenta o rendimento final dos pós de molho de tomate após o processo de secagem nas concentrações a 0%, 1% e 2% e temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC.

Tabela 8- Rendimento final dos pós de molho de tomate nas diferentes concentrações.

	Rendimento final dos pós (g)		
70ºC	15,5g	17,1g	23,3g
80ºC	11,7g	15,5g	22,2g
90ºC	17,7g	20,5g	28,3g

Fonte: Do próprio autor

Tabela 8 apresenta o rendimento final dos pós de molho de tomate após o processo de secagem nas concentrações a 0%, 1% e 2% e temperaturas de 70ºC, 80ºC e 90ºC. Ao avaliar os valores expressos na tabela 8 se torna possível verificar que o rendimento do pó se eleva na proporção em que a concentração de pectina aumenta.

4.5.3 Caracterização físico-química dos molhos de tomate em pó reconstituído.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados das analises físico-químicas dos molhos em pó reconstituído.

Tabela 4.5: Análises físico-químicas dos pós reconstituídos com diferentes concentrações de aditivos.

Análises	**0% pectina**			**1% pectina**			**2% pectina**		
	70ºC	**80ºC**	**90ºC**	**70ºC**	**80ºC**	**90ºC**	**70ºC**	**80ºC**	**90ºC**
pH	4,25± 0,05	4,26± 0,005	4,27± 0,02	4,24± 0,02	4,25± 0,005	4,22± 0,005	4,25± 0,005	4,20± 0,005	4,26± 0,005
SST	6,10± 0,005	6,13± 0,01	6,17± 0,01	6,21± 0,01	6,24± 0,01	6,26± 0,01	6,30± 0,01	6,34± 0,01	6,38± 0,01
Aw	0,37± 0,007	0,36± 0,003	0,35± 0,002	0,37± 0,004	0,35± 0,001	0,32± 0,005	0,37± 0,001	0,36± 0,002	0,34± 0,002
Umidade (%)	6,4± 0,20	6,2± 0,05	5,9± 0,05	6,7± 0,20	6,1± 0,25	6± 0,25	6,4± 0,15	6,2± 0,25	6± 0,25

*SST: Sólidos Solúveis Totais *Aw: Atividade de água.

Fonte: Do próprio autor

Victória e seus colaboradores (2014) aos estudarem a adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó encontraram um pH de 4,16. Ao relacionar o valor referido com o obtido 4,22± 0,005 a 4,27± 0,02 torna-se possível observar um aumento no pH, essa diferença pode ser explicada pelo fato dos pesquisadores terem utilizado agente espumante diferente do que foi empregado nesta pesquisa.

Os pós dos molhos de tomate apresentaram teores de sólidos solúveis entre 6,10±0,005 e 6,38±0,01. Loureiro (2006) ao secar polpa de buriti nas temperaturas de 50,60 e 70°C, alcançou resultado de Brix igual 10,27. Ao relacionar os dados das análises de SST realizadas neste trabalho torna-se evidente a diferença, isso se dá devido o material que está sendo seco, as temperaturas usadas (50ºC e 60ºC), grau de maturação e cultivo.

A atividade de água dos pós apresentaram valores entre 0,32±0,005 a 0,37±0,001 valores bem inferiores comparados com o molho *in natura* (tabela 7) o que é bastante favorável ao molho de tomate em pó.

Krasaekoopt e Bhatia (2012), realizou secagem em camada de espuma de iorgute com o aditivo ovoalbumina, com temperaturas de 50ºC, 60ºC, e 70ºC e obteve uma Aw dos pós entre 0,32 a 0,35. Portanto, os valores do estudo citado são semelhantes com os resultados encontrados neste presente trabalho. A atividade de água é um importante fator que influencia significativamente na vida útil dos alimentos. Com a redução da água presente nos alimentos se torna possível evita o desenvolvimento de microrganismos, e as reações de degradação (BELITZ et al. 2009).

Ao observar a análise de umidade dos pós do presente estudo 5,9±0,05 e 6,7±0,20 comparando com o resultado obtido por, Gurgel (2014), que fez o estudo sobre secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* l.) em camada de espuma, encontrou valores de umidade do pó de 2,83 e 6,91. Ao comparar os resultados é possível constatar uma variação significativa entre os valores obtidos por Gurgel (2014). Essa diferença se dá devido à autora mencionada ter utilizado concentrações de aditivos, espessura da forma e temperaturas (50ºC e 60ºC) distintas. O teor de umidade é uma das medidas utilizadas na análise de alimentos e está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição.

4.5.4 Avaliação da solubilidade e reconstituição

Na tabela 9.1 são mostrados os resultados referentes ao tempo de reconstituição e solubilidade dos pós de molho de tomate processados em diferentes temperaturas e concentrações de aditvo. Conforme se observa a reconstituição dos pós é rápida e os mesmos apresentam elevada solubilidade em água.

Tabela 9.1- Tempo de reconstituição e solubilidade dos pós a temperatura ambiente.

Temperatura e concentração (%)	Tempo de reconstituição (segundos)	Solubilidade (%)
70ºC (0%)	30±0,00	98,3± 0,14
80ºC (1%)	30±0,00	98,7±0,21
90ºC (2%)	30±0,00	98,4±0,35
70ºC (0%)	30±0,00	97,5± 0,21
80ºC (1%)	30±0,00	98,4±0,21
90ºC (2%)	30±0,00	98,8± 0,14
70ºC (0%)	30±0,00	97,2±0,14
80ºC (1%)	30±0,00	98,7±0,21
90ºC (2%)	30±0,00	98,4±0,28

Fonte: Do próprio autor

Dantas (2010), utilizando o método de camada de espuma encontrou tempos de reconstituição de 1,5 e 3,5 minutos e solubilidade 98% e 91% para os pós de abacaxi e manga respectivamente.

Victória et al. (2014), aos estudarem a adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó constataram que a solubilidade foi aumentada com adição do agente espumante onde foi verificada diferença significativa entre os tratamentos com e sem adição de albumina em ambas as temperaturas, obtendo solubilidades de 3,7 a 4,2 g/100 mL.

Souza e seus colaboradores. (2007), encontraram tempo de reconstituição para o mix de frutas desidratado em leito de jorro igual há 5 minutos e solubilidade em torno de 99,5%.

Comparando os resultados deste estudo expressados na tabela 9.1, com as referências mencionadas acima, os tempos de reconstituição estão abaixo dos valores encontrados por os estudiosos citados, isso se da devido o uso de metodologias diferentes e os frutos possuírem composições distintas.

5- CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho permitem afirmar que as concentrações de 1% de Emustab e 1% de Liga-Neutra e a adição de pectina em diferentes concentrações, foram consideradas apropriadas para os ensaios de secagem, pois as espumas apresentaram boa estabilidade, expansão e as densidades estavam dentro da faixa estudada na literatura exceto a densidade 0% com tempo de batimento de 5 minutos.

Os pós do molho de tomate apresentaram pH ácidos, teor de sólidos solúveis entre 6,13±0,01 a 6,38±0,01 baixa atividade de água (0,32 em média) e umidade de 5,9±0,05 a 6,7±0,20 e rendimento com variação entre 11,7g a 28,3g.Os produtos em pó apresentaram elevada solubilidade e rápida reconstituição em água.

As secagens apresentaram matérias em pó de qualidade aceitável, sem evidência de pegajosidade ou queima do material, situações muito evidentes em secagens de polpa de fruta pelo método *foam-mat*, especialmente quando são utilizadas temperaturas elevadas(80ºCe90ºC).

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C. **Relação K**:Ca:Mg na solução nutritiva para o cultivo de mini tomate em substrato. Botucatu: FCA/UNESP. Dissertação Mestrado. 2011. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/handle/11449/93534. Acesso em: 02 Nov 2015.

ALSINA et al. Drying of fruits pieces in fixed and spouted bed. In: DELGADO, J. M. P. Q; BARBOSA LIMA, A. G. Transport Phenomena and Drying of Solids and Particulate Materials. **Advanced Structured Materials**. V. 48, Cap.7, p.141-159.2014. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-04054-7_7#page-1. Acesso em: 03 Nov 2015.

AGRA, Nicole Gualberto. **Secagem e Liofilização de Manga:** Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. 2006, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande: PB, junho 2006. Disponível em: http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/dissertacoes_e_teses_ppgea/disserta%c7%c3o/armazenamento/2006/nicole%20agra.pdf. Acesso em: 04 Nov 2015.

ALSINA, et al. Drying of fruits pieces in fixed and spouted bed. In: DELGADO, J. M. P. Q; BARBOSA LIMA, A. G. Transport Phenomena and Drying of Solids and Particulate Materials. **Advanced Structured Materials.** V. 48, Cap.7, p.141-159.2014. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-04054-7_7#page-1. Acesso em: 07 Nov 2015.

ALVES, C, B; NARCISO, P, J; JANET, E, S-A. Efeito da desidratação foam mat na retenção da vitamina c da polpa de cajamanga. **Alim. Nutr**.= Braz. J. Food Nutr., Araraquara v. 24, n. 2, p. 189-193, abr./jun. 2013. Disponível em: http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/189/2273. Acesso em: 08 Nov 2015.

BAG, S.K.; SRIVASTAV, P.P.; MISHRA, H.N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology.** v.4, p. 1450-1458, 2011. Disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11947-009-0243-6. Acesso em: 09 Nov 2015.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise e alimentos.** São Paulo: Editora da Unicamp, 2003. p. 49-116. Disponível em: http://br.librosintinta.in/fundamentos-teoricos-e-praticos-em-analise-de-alimentos-pdf.html. Acesso em: 11 Nov 2015.

CELESTINO, S. M. C. **Transferência de calor e massa em leito deslizante e escoamentos concorrentes:** secagem de sementes de soja. 1998. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.

CHAVES, M. A. et al. Physicochemical and sensory properties of purple Brazilian cherry (Eugenia uniflora, L.) foams. **International Journal of Food Science and Technology**, 48, 1688–1697,2013. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Physicochemical+and+sensory+properties+of+purple+Brazilian+cherry+(Eugenia+uniflora+L.)+foams&author=Chaves+M.+A.&author=Barreto+I.+M.+A.&author=Reis+R.+C.&author=Kadam+D.+M.&publication_year=2013&journal=International+Journal+of+Food+Science+Technology&volume=48&issue=8&pages=1688-1697. Acesso em: 20 Nov 2015.

CHENARBON, H. A.; HASHEMINIA, S. M. Modeling of drying Lavandula officinalis L. leaves. **Journal of American Science**, v.7, n.7, p.204-208, 2011. Disponível em: http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0707/. Acesso em: 24 Nov 2015.

CRUZ, P. M. F.; BRAGA, G. C.; GRANDI, A. M. Composição química, cor e qualidade sensorial de tomate seco a diferentes temperaturas. **Ciências Agrárias, Londrina**, v. 33, n. 4, p. 1475-1486, 2012. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/wrevojs246/index.php/semagrarias/article/viewFile/11711/11248. Acesso em: 24 Nov 2015.

CRUZ, W.F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em cama da de espuma**. Universidade Federal de Viçosa, 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos)2013. Disponível em: http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20e%20tecnologia%20de%20alimentos/2013/250527f.pdf . Acesso em: 28 Nov 2015.

DAMODARAN, S.; FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L. Química de alimentos. 4.Ed, Porto Alegre: Artmed, 2010.

DANTAS, S. C. M., **Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat.*** 2010. 100f. (Dissertação Mestrado- Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2010. Disponível em: http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15794/1/SuzianiCMD_DISSERT.pdf. Acesso em: 02 Dez 2015.

DAVOODI, M. G et al. Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. **Swiss Society of Food Science and Technology**, 40, 1832–1840, 2007. Disponível em:

https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/effect-of-different-pre-treatments-and-dehydration-methods-on-quality-wLl0o5FYJ0. Acesso em: 03 Dez 2015.

EIK, N. M. **Avaliação de pré-tratamentos e a aplicação de coberturas comestíveis sobre a secagem de frutas.** 2008. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000417240. Acesso em: 05 Dez 2015.

EMBRAPA. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2010. 51 p. Disponível em: www.cpac.embrapa.br/download/1735/. Acesso em: 05 de Dez de 2015.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos.** São Paulo: Ateneu, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Produção mundial de tomate. FAO, 2013. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em 06 Dez. 2015.

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

FERNANDES, R. V. de B et al- Secagem de polpa de tomate pelo método de camada de espuma. **Biosci. J.,** Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 816-825, July/Aug. 2013. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15034.Acesso em: 07 Dez 2015.

FERNANDES, Regiane Victória de Barros et al. **Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó.** 1267 p**.** 2014. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4737/6/ARTIGO.pdf. Acesso em: 10 Dez 2015.

FONTES et al. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 614-619, 2004. http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v22n3/a23v22n3.pdf. Acesso em: 10 Dez 2015.

FRANCO, T. S. **Desidratação de suco de yacon pelo método de camada de espuma.** Curitiba- PR: UFP, 2015. 190f. (Tese de doutorado em Engenharia de alimentos) Universidade federal de Curitiba, Paraná- PR, 2015). Disponível em:

http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa/pdf/Tese%20Talita%20Szlapak.pdf. Acesso em: 12 Dez 2015.

GIOVANELLI, G et al. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. **Journal of Food Engineering**, 52, 135–141, 2002. Disponível em:https://www.academia.edu/20246166/Water_sorption_drying_and_antioxidant_properties_of_dried_tomato_products. Acesso em: 15 Dez 2015.

GOMES, Patrícia M. de A; FIGUEIRÊDO, Rossana M. F. de; QUEIROZ, Alexandre J. de M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciênc**. **Tecnol. Aliment**., Campinas, 24(3): 384-389, jul. set. 2004.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250045041_Armazenamento_da_polpa_de_acerola_em_po_a_temperatura_ambiente. Acesso em: 17 Dez 2015.

GOULA, A. M. ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 1, p.35-42, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240430257_Spray_drying_of_tomato_pulp_in_dehumidified_air_II_The_effect_on_power_properties. Acesso em: 20 Dez 2015.

GOULA, A. M. et al. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp, **Journal of Food Engineering**, 74, 37–46, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222328413_Prediction_of_lycopene_degradation_during_a_drying_process_of_tomato_pulp. Acesso em: 20 Dez 2015.

GOUVEIA, J.P.G. et al. Determinação das Curvas de secagem em frutos de cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, Especial, n1, p. 65-68, 2003. Disponível em: http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev5e/Art5e7.pdf. Acesso em: 28 Dez 2015.

GUILHERME, D. O. **Produção e qualidade de frutos de tomateiro cereja cultivados em diferentes espaçamentos em sistema orgânico**. 2007. 63 f. (Tese Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/NCAP8A2NZR/dissertacao_denilson.pdf?sequence=1. Acesso em: 29 Dez 2015.

GURGEL, C. E. M. R.; **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma – Desempenho do processo e características do produto.** 2014. 92f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo, 2008. 1.020p. Disponível em: http://pt.scribd.com/doc/191282018/Analise-Fisico-quimica-de-Alimentos-Instituto-Adolfo-Lutz#scribd. Acesso em: 28 Dez 2015.

KANDASAMY P et al. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **J Food Sci Technol**, 13 August 2012. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4190251/. Acesso em: 01 Jan 2016.

KUDRA, T., RATTI, C. Process and energy optimization in drying of foamed materials. **Transactions of the Tambov State Technical University**, v.14, n.4, p.812-819, 2008. Disponível em: http://www.tstu.ru/en/science/st/pdf/2008/Kudra.pdf. Acesso em: 04 Jan 2016.

MACHADO, A.K.T. et al. **Estudo de secagem das polpas de caju, goiaba, graviola e manga, pelo processo *foam mat*, com e sem adição de leite**. **Produto**. Unicamp-Campinas/SP, 2015. Disponível em: http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/estudo-de-secagem-das-polpas-de-caju-goiaba-graviola-e-manga-pelo-processo-foam-mat-com-e-sem-a-adio-de-leite-19919. Acesso em: 07 Jan 2016.

MACHADO, V. G. **Obtenção de tomate em pó por atomização: influência das variáveis de processo na qualidade do produto**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas/SP, 2010. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000477556. Acesso em: 04 Jan 2016.

MAGALHÃES, A. M.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L.; Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa. **Ciência Rural**, v.39, n. 9, p. 2431– 2438 2009. http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/578558/1/Proci09.00198.pdf. Acesso em: 09 Jan 2016.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 61, n. 3, p. 373- 386, 2004. Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Downloads/424-2730-1-PB.pdf. Acesso em: 10 Jan 2016.

McCRAE, C. H.; LAW, A. J. R.; LEAVER, J. Emulsification properties of whey protein in their natural environment: effect of whey protein concentration at 4 and 18 milk fat. **Food hydrocolloids**, v. 13, p. 389-399, 1999. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X99000247. Acesso em: 10 Jan 2016.

MELONI, P.L.S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Instituto Frutal – Fortaleza. 87p 2003. Disponível em: http://pt.slideshare.net/lmendesdasilva/104908236-apostiladesidratacaodefrutasehortalicas. Acesso em: 11 Jan 2106.

MONTEIRO et al. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate 113 “tipo italiano”. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.19, n.1, p. 25-31, 2008. http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index. php/alimentos/article/view/196/201. Acesso em: 15 Jan 2016.

MONZELLE, G. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 84p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração em Engenharia de Alimentos). Itapetinga-BA: UESB, 2009. Disponível em: http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes.pdf. Acesso em: 15 Jan 2016.

MORGAN, A.I et al.Technique for improving instant foods. **Food Engineering**, 31, 89– 94,1959.

PARK, K.J et al. **Conceitos de processos e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. Disponível em: http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html. Acesso em: 15 Jan 2016.

PAVANELLI, A. P. **Aditivos para panificação**: confeitos e funcionalidade. São Paulo. Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas; 1998. Disponível em: http://www.fazu.br/hd2/jornada2009/pdf/engenharia.pdf. Acesso em: 16 Jan 2016.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n. 1, p.83-90, 2006. http://www.hidroponiarj.com.br/imagens/trabalhosfoto2/19armazenamento-tomate.pdf. Acesso em: 17 Jan 2016.

PEREIRA, S. **Processamento de tomates (*Lycopersicom escullentun* Mill), cultivados de forma tradicional e orgânica, para obtenção de extratos**. 2007, 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. Seropédica, 2007. Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Downloads/PROCESSAMENTO_DE_TOMATES_Lycopersicom_es.pdf. Acesso em: 18 Jan 2016.

RAJKUMAR, P., KAILAPPAN, R. Optimizing the process parameters for *foam mat drying* of Totapuri mango pulp. The Madras Agricultural Journal, v.93, p.86-98, 2006. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406003682. Acesso em: 20 Jan 2016.

RODRIGUES F, M ; SOUZA F, G ; RODRIGUES, L, G, S M**. Produção artesanal de extrato de tomate (solanum lycoperaicum) simples concentrado e caracterização físico química.** 2012**.** Disponível em: http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/engenharia/producao%20artesanal.pdf. Acesso em: 25 Fev 2016.

SANKAT C. K.; CASTAIGNE F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. Lebensm.- Wiss. u.-Technol. v. 37, p, 517–525, 2004. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643803001324. Acesso em: 25 Fev 2016.

SEGURA, E.; MONROY, L. A.; MANRIQUE, G.; Aplicacion de la tecnologia de deshidratacion por el método de secado de espumas (Foam-mat) em jugos de frutas tropicales II (Naranja, Piña, Mora y Maracuyá). **Rev. Colombiana de Ciências Química- Farmaceuticas**, n. 18, 1990. Disponível em: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/farmacia/revista/V18P47-52.pdf. Acesso em: 27 Jan 2016.

SHIGEMATSU, E. et al. Influência de pré- tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27024.pdf. Acesso em: 30 Jan 2016.

SILVA, A. S et al. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899- 1905, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600032. Acesso em: 05 Fev 2016.

SILVA, G. A. S et al. Determinação da qualidade físico-química de maioneses e ketchups servidos em lanchonetes. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 25, n. 194/195, p. 381-382, 2011. Disponível em: http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos_autor_03.html. Acesso em: 05 Fev 2016.

SOARES, E. C et al. Desidratação da polpa de acerola (*malpighia emarginata* d.c.) pelo processo "*foam-mat".* **Ciênc. Tecnol. Aliment**. Campinas, 21(2): 164-170, maio/ago. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cta/v21n2/7461.pdf. Acesso em: 06 Fev 2016.

SOLER, M. P.; VEIGA, P. G. **Especial**: Sorvetes. Série publicações técnicas do centro de informação em alimentos - N.1. [s/local]: ITAL/CIAL, 2001. (ISSN: 1519-524).

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO. 4 ed. Campinas : UNICAMP ,2011. Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/taco/. Acesso em: 07 Fev 2016.

TSAMI, E.; KROKIDA, M.K.; DROUZAS, A.E. Effect of drying method on the sorption characteristics model fruit powders. **Journal of Food Engineering** p 381-392,1999.

VIEIRA, H.A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de biologia e ciências da terra**, n. 1, v.7, 2007. Disponível em: http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/isotermasdeadsorcao-51817dd3b4868.pdf. Acesso em: 10 Fev 2016.