



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
QUÍMICA INDUSTRIAL

**ESTUDO DA ESTABILIDADE DA ESPUMA DA POLPA DE
GOIABA (*PSIDIUM GUAJAVA L.*): EFEITO DO USO DE
ESTABILIZANTES**

BRÁULIO DE ALMEIDA SILVA

Campina Grande - PB

2014

BRÁULIO DE ALMEIDA SILVA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharel em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do Título de Bacharelado em Química Industrial .

Orientador: Prof Dr Marcello Maia de Almeida

Campina Grande – PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586e Silva, Bráulio de Almeida.

Estudo da estabilidade da espuma da polpa de goiaba (*Psidium Guajava* L.) [manuscrito] : efeito do uso de estabilizantes / Bráulio de Almeida Silva. - 2014.

43 p. : il.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida, Departamento de Química".

1. Indústria alimentícia. 2. Goiaba. 3. Secagem. I. Título.

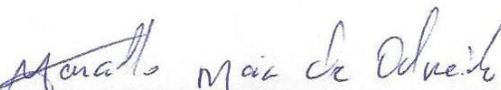
21. ed. CDD 634.421

BRÁULIO DE ALMEIDA SILVA

Aprovado em: 24/02/2014

Nota: (9,1)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharel em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial.



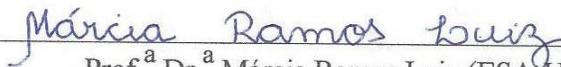
Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida UEPB/CCT/ESA

Orientador



Prof.ª Dr.ª Ligia Maria Ribeiro Lima (ESA-UEPB)

Examinador(a)



Prof.ª Dr.ª Márcia Ramos Luiz (ESA-UEPB)

Examinador(a)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, aos meus queridos pais, Braz e Maria José por todo apoio necessário e prestado, para que esse objetivo fosse concluído.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a deus por ter sido presente e autor em todos os momentos da minha vida, desde os momentos de aflição até nos momentos de plena felicidade.

Aos meus Pais, por todo esforço, que desde criança, eu e minhas irmãs, pudéssemos estudar não; faltando nada para continuar persistindo e estudando, com incentivos morais, críticas, sendo empurrado, quando necessário. Suas preocupações em saber se estávamos precisando de algo, buscando sempre alternativas para que eu não parasse os estudos, ensinando que para se conseguir objetivos, precisa-se de muito esforço, trabalhando honestamente com ética e humildade para atingir os objetivos almejados. Ficarei grato pelo resto da minha vida, sem esquecer de vocês, que perderam o sono, trabalharam duro para educar e cuidar de seus filhos, não procurando saber quanto, mas que era necessário fazer esse esforço, serei eternamente grato aos meus pais e a Deus, por ter me dado estes dois grandes presentes, cujos valores são inestimáveis e únicos, impagáveis. Sinto-me muito honrado e grato por tê-los em minha vida, esses sim posso confiar.

As minhas irmãs Márcia e Michelle que me apoiaram direta e indiretamente, as quais em fase de minha caminhada contribuíram para a conclusão de meus objetivos, aquela conversa entre irmãos necessária, as discussões que muitas vezes chegaram a tons bastante elevados que moldaram nossas relações fraternais. A Michelle, pelo seu aconchego de uma irmã mais velha, carinho próximo ao de mãe; a Márcia pelos esforços, me apoiando no início e durante o curso, a qual foi uma das minhas professoras desde criança, começando desde o ensino fundamental até a universidade, suas dicas, seus conhecimentos me influenciaram bastante em minhas escolhas acadêmicas, fico bastante agradecido as minhas irmãs.

Aos colegas de turma que me acompanham desde o início, em especial ao amigo Pedro, que desde o primeiro período estamos juntos, restando apenas nós dois da turma 2008.2, os quais vivenciamos grandes experiências juntos no CCT. Uma pessoa contribuiu bastante, nos momentos de felicidade quando alcançamos os nossos resultados, nos momentos em que não deu certo e muitas vezes nas dificuldades acadêmicas e até hoje continua contribuindo. Um grande exemplo de garra, persistência, coragem e ousadia que apesar das dificuldades, permaneceu firme e forte. Valeu grande amigo Pedro pela amizade desde o primeiro período. A Edjane, grande guerreira; Gyaconis e Amanda que, estamos na mesma turma desde o segundo período.

Ao Professor Marcello, por todo apoio e orientação durante toda a pesquisa e agora no TCC, pessoa de grande caráter e excelência; profissionalismo de grande competência, fico bastante grato, por todo seu esforço com seus alunos orientados.

Ao professor Pires, primeiro orientador, que também aprendi bastante, que pesquisa e ciência deve ser aplicada em prol da humanidade, não deve ser engavetado.

As professoras Djane e Soraia, orientadoras de monitoria, aprendi bastante com vossas pessoas um grande abraço.

Aos demais professores do CCT, que influenciaram positivamente em meu perfil acadêmico, que formou minha personalidade como profissional.

Enfim agradeço as professoras, Ligia e Márcia, pela participação na banca e pelo enorme aprendizado desde as disciplinas até no trabalho de conclusão de curso me ensinaram veementemente, com correções e sugestões, muito obrigado professoras.

“O meu olhar alcança o longe. Contempla o território que me separa da concretização de meu desejo. O destino final que o olhar já reconhece como recompensa, aos pés se oferece como conjura a ser vencida. Mas não há pressa que seja capaz de diminuir esta distancia. Estamos sob a prevalência de uma imposição existencial, regra que ensina que entre o ser real e o ser desejado há o senhorio do tempo das esperas.”

“Depois de vencida a distancia o desafio é um só: manter vivo o motivo que nos fez partir.”

Pe. Fábio de Melo

RESUMO

Neste trabalho pesquisou-se o efeito combinado de dois aditivos para melhorar a formulação da espuma obtida da polpa da goiaba. Foram utilizados os usados os estabilizantes gelatina e Agar-agar. A massa de aditivo utilizada foi de 1g, 2g e 3g. O efeito dos tratamentos foi analisado sobre as seguintes variáveis dependentes: massa específica, fração de volume drenado, tempo de queda da primeira gota, estabilidade e expansão da espuma. A espuma contendo concentrações menores dos estabilizantes apresentou melhores resultados de forma geral com massa específica de $0,1638 \text{ g.cm}^{-3}$, fração de volume drenado de 0,14 %, tempo de queda da primeira gota em torno de 42,5 min, estabilidade de $14,8 \text{ mL}^{-1}$ e expansão da espuma de 483,18 %.

Palavras Chaves: Secagem, foam-mat e goiaba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: pé de goiaba.....	16
Figura 2: Flores da Goiabeira.....	16
Figura 3: Fruto da Goiabeira.....	17
Figura 4 : Goiaba.....	18
Figura 5: Produção de Goiabas.....	18
Figura 6:. Diagrama de blocos experimental da obtenção e avaliação da espuma.....	25
Figura 7: Sistema utilizado da determinação da estabilidade da espuma.....	30
Figura 8: Avaliação da Cinética de Estabilidade da Espuma no Experimento 2 ²	33
Figura 9: Avaliação da Cinética de Estabilidade da Espuma nos Três Pontos Centrais...	34
Figura 10. Diagrama de Pareto para variável resposta massa específica.....	35
Figura 11. Diagrama de Pareto para variável resposta fração de volume drenado.....	35
Figura 12. Diagrama de Pareto para Variável Resposta Tempo de queda da primeira gota.....	36
Figura 13. Diagrama de Pareto para variável resposta estabilidade.....	36
Figura 14. Diagrama de Pareto para variável resposta expansão da espuma.....	37
Figura 15. Gráfico de dispersão valores preditos versus valores observados.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição por 100g de Polpa.....	17
Tabela 2: aditivos e suas funções nos alimentos.....	21
Tabela 3. Matriz do planejamento experimental (DCC) 2^2 com três repetições no ponto central em temperatura ambiente ($V_w = 200\text{mL}$; $M_p = 200\text{g}$; $M_a = 20\text{g}$).....	27
Tabela 4. Matriz do planejamento experimental (DCC) 2^2 com três repetições no ponto central dos valores descodificados em temperatura ambiente.....	27
Tabela 5: apresentação dos valores médio das propriedades da polpa de Goiaba para preparação das espumas.....	31
Tabela 6: Resultados experimentais obtidos com estabilizante Gelatina e Agar-Agar combinados.....	32
Tabela 7: Comparação entre o coeficiente de determinação para o modelo linear e com teste de curvatura.....	39
Tabela 8: Dos valores encontrados por Vital (2012) em seus estudos sobre estabilidade...	46

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 GOIABA.....	16
2.1.1 Características e Propriedades	16
2.1.2 Produção e Mercado	18
2.2 ESTABILIDADE DA ESPUMA.....	19
2.2.1 Aditivos	20
2.2.1.1 Gelatina	21
2.2.1.2 Agar-agar	22
2.2.2. Aditivos Estabilizantes	23
2.2.3 Aditivos Espessantes	23
2.2.4 Parâmetros Para Caracterização	23
2.2.4.1 Massa Específica (ρ) e Expansão (β)	23
2.2.4.2 Umidade (U)	23
2.2.4.3 pH	24
2.2.4.4 Sólidos Solúveis Totais (°BRIX)	24
2.3 ESTADO DA ARTE.....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 MATERIAL.....	25
3.2 FORMULAÇÃO E PREPARAÇÃO DAS ESPUMAS.....	26
3.2.1 Preparação das Espumas	27
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA.....	28
3.2.1 Preparação das Espumas	28

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA.....	28
3.3.1 Determinação da Massa Específica da Polpa, Massa Específica da Espuma e Expansão da Espuma.....	28
3.3.2 Determinação dos Parâmetros.....	28
3.3.2.1 pH.....	29
3.3.2.2 Sólidos Solúveis Totais (°Brix).....	29
3.3.2.3 Umidade.....	29
3.4 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ESPUMA	29
3.5 CINÉTICA DE ESTABILIDADE DAS ESPUMAS.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 PROPRIEDADES DA POLPA DE GOIABA.....	31
4.2 AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ESTABILIDADE DA ESPUMA	33
4.3 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA.....	34
5 CONCLUSÃO.....	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
7. ANEXO I.....	46

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2013). A produção mundial de frutas tropicais chegará a 82 milhões de toneladas em 2014 representando um aumento de 1,7% em relação ao período de 2004, sendo 78% são principais frutas, sejam elas: manga, abacaxi, abacate e mamão e 22% são secundárias: lichia, rambotã, goiaba, entre outras.

90% das frutas tropicais são produzidas em países que estão em desenvolvimento. No entanto, a avaliação do comércio internacional destes frutos é atualmente difícil de quantificar. O que está claro para o organismo internacional é que a produção de frutas tropicais ajuda a criar empregos, aumentar a renda dos agricultores, a segurança alimentar e reduzir os níveis de pobreza.

Em geral, as perspectivas para a demanda de frutas frescas tropicais são favoráveis, pois espera-se que o volume de importações das principais frutas aumentem 24%.(Abanorte,2013)

As frutas são produzidas em todas as regiões do Brasil, em especial as regiões Norte-Nordeste em função do clima têm maior importância na produção de frutas de clima tropical, dentre elas: abacaxi, banana, coco, cacau, caju, mamão, melão e o maracujá, enquanto as regiões Sudeste e Sul destacam-se na produção de frutas de clima temperado e subtropical, como citros: goiaba, figo, pêra, pêssego, maçã e uva. Neste aspecto, porém, a região Nordeste tem ampliado grandemente a produção de frutas temperadas e subtropicais, como de uva, laranja, limão e goiaba, no sistema de Produção Integrada. No Centro-Oeste, especializado na produção de grãos, a produção de frutas ainda é incipiente.

No Nordeste, há uma produção alta de frutas tropicais e subtropicais, como a goiaba, mas devido ao má processamento ou faltas destes acarretam um enorme desperdício de frutas que poderiam ser exportadas para outras regiões e países. Sendo deterioradas em tempos curtos, não sendo suficientes para o seu armazenamento e posteriormente sua exportação.

O processamento de frutas para obtenção de polpas têm o fim de prolongar sua vida útil e minimizar reações deteriorativas. Tem-se vários tipos de processamento dentre eles, destaca-se a desidratação ou secagem. A secagem é um processo combinado de transferência de calor e massa, no qual se reduz a disponibilidade de água do alimento, dificultando o crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas (MELO, 1994).

De acordo com Costa *et al.* (2003) durante a desidratação a disponibilidade de água no alimento é reduzida, dificultando a atividade enzimática, deteriorações de origem físico-químicas e crescimento microbiano (OLIVEIRA *et al* 1999).

Uma das secagens mais utilizadas para desidratação de frutas é pelo método “foam-mat” um método em que consiste na agitação de polpa com adição de aditivos espumantes que formam uma camada de ar produzindo espumas estáveis, os quais serão secadas por equipamentos tipo “spray drying” entre outros e obtido um pó, que é a fruta desidratada. (CARNEIRO, 2008).

Atualmente pós obtidos de sucos de frutas concentrados, com ou sem polpa, representam um mercado promissor, visto que esta forma física proporciona um produto estável, natural e facilmente reconstituível, o qual pode ser usado para dar cor e sabor a produtos alimentícios ou farmacêuticos, além do seu valor nutricional (BHANDARI *et al.*, 1993).

Neste trabalho foram obtidas, a partir da melhor formulação desenvolvida por Vital (2012), novas formulações com aditivos alimentícios, tais como gelatina e ágar para auxiliar no processo de estabilidade da espuma e facilitar o processo de secagem.

A gelatina e o Agar-agar serão utilizados para encorpar a espuma e atuará como estabilizante e espessante, tornando a espuma mais estável, diminuindo sua tensão superficial.

1.2 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo obter a estabilidade da espuma de goiaba, empregando dois aditivos como estabilizantes da espuma para posterior secagem em estufa de circulação de ar.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a polpa obtida da goiaba, usando como parâmetros: pH, Brix e umidade.
- melhorar a formulação fazendo uso de dois aditivos comerciais a gelatina e o Agar.
- Caracterizar a espuma com os mesmos parâmetros que para polpa.
- Estudar a estabilidade da espuma na temperatura ambiente
- Realizar análise estatística dos resultados obtidos a partir do planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais (DCC).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GOIABA

2.1.1 Características e Propriedades

A planta que dá origem a goiaba ou popularmente pé-de-goiaba, faz parte da família Myrtaceae, do *Psidium* com a espécie *Psidium guajava* L. sendo a mais cultivada e vendida. Sua árvore quando chega ao tamanho adulto torna-se, um arbusto ou árvore de pequeno porte chegando a atingir de 3 a 6 m de altura, possui tronco tortuoso e folhas opostas que se soltam dos ramos quando chegam à maturação.

Figura 1: pé de goiaba



Fonte: Internet.

Suas flores reprodutivas têm coloração branca, sendo hermafroditas, isoladas ou em grupos com mais de uma, situando-se entre as folhas e nas brotações de ramos maduros.

Figura 2: Flores da Goiabeira



Fonte: Internet

A reprodução das goiabeiras, ocorre por polinização cruzada, sendo seu principal polinizador a abelha, o fruto da fecundação é do tipo baga com tamanho, forma e coloração de polpa variada, tendo alto poder adstringente.

Figura 3: Fruto da Goiabeira



Fonte: Internet.

A goiaba é bastante rica em muitos nutrientes, sendo de grande importância alimentar e elevado teor em ácido ascórbico. A polpa dos frutos vermelhos é apropriada para a indústria, mas também é consumida fresca pelo homem. A goiaba é um dos melhores fornecedores de Vitamina C (SEAGRI, 2013).

Na tabela 1, são apresentados alguns valores nutricionais da polpa de goiaba, e sua importância como alimento nutritivo e natural.

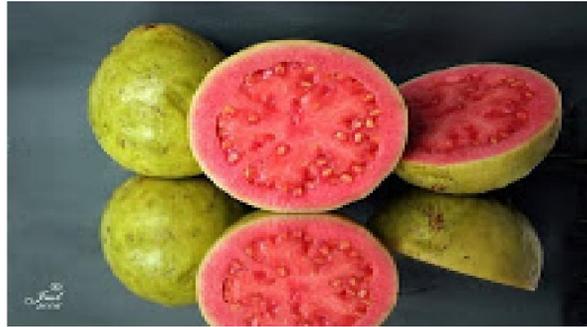
Tabela 1: Composição por 100g de Polpa

Composição Nutricional da Goiaba em 100g de Polpa	
calorias	58 cal
proteína	1mg
Cálcio	15mg
Fe	1mg
Vitamina A	0,06mg
Vitamina C	200-300mg
Tiamina	0,05mg
Fósforo	26mg

Fonte: SEAGRI, 2013.

A goiaba madura é saboreada *in natura*, ou sob a forma de refrescos, sucos, sorvetes; após o processamento da polpa, esta entra na confecção de doces (em calda, em pasta, em barras), sucos concentrados, polpa congelada, geléias, compotas (SEAGRI, 2013).

Figura 4 : Goiaba



Fonte: internet

2.1.2 Produção e Mercado

O fruto da goiabeira é oriundo da América tropical sendo encontrada em todo o Brasil. A sua produção industrial começou no início dos anos 70, época em que sua produção despertou interesse dos grandes produtores, dessa forma começaram a surgir grandes áreas produtoras com a tecnologia necessária e com toda a produção focada para os mercados nacionais e internacionais, tanto in natura quanto industrializada. A goiaba disputa o mercado dos consumidores que apreciam os produtos naturais, por terem conhecimento de que boa parte da vitamina C é absorvida de forma natural quase que por completo, já o sintético são absorvidos em torno de 50% (GONZAGA NETO, 2007).

Figura 5: Produção de Goiabas



Fonte: Internet.

Nos dias atuais, a região Nordeste é a que mais produz goiaba no País. No nordeste, nos estados de Pernambuco e Bahia, se concentram suas maiores produções de maneira

regional devido a irrigação local com solos agricultáveis e mecanizáveis para os grandes produtores. E boa parte da goiaba nordestina é exportada para os grandes centros culinários da Europa e países baixos, números esses que chegaram a quase 166 mil quilos da fruta, gerando emprego e renda próximos dos 310 mil dólares, segundo dados do Ministério da Agricultura (2010).

As opções mercadológicas para a goiaba chegam a agregar até três vezes o valor da fruta in natura, nas formas de polpas, biscoitos, compotas, doces e geléias. Na obtenção desses produtos, todo o fruto é aproveitado, evitando, desperdícios tanto na colheita quanto para no mercado consumidor (Freitas, 2010).

Nos dias atuais, o Brasil, produz 312 mil toneladas se destacando os Estados de São Paulo e Pernambuco, que representam 60% da produção brasileira no ano de 2011.

2.2 ESTABILIDADE DA ESPUMA

A emulsão pode ser definida como sendo sistemas dispersos formados por duas fases líquidas imiscíveis, em que a fase dispersa é minuciosamente dividida e distribuída em outra fase contínua, dessa forma a estabilidade da emulsão é mantida com a utilização de agentes emulsificantes, de maneira geral são empregados substâncias tensoativas, estas emulsões podem ser líquidas ou pastosas, necessitando de agitações para formá-la. Por serem sistemas dispersos, devem ser adicionados aditivos estabilizantes que aumentam a viscosidade melhorando sua estabilidade física (FERRAZ, 2014)

A propriedade física mais importante de uma emulsão é a sua estabilidade. Esta pode ser relacionada a três fenômenos: sedimentação, floculação e quebra ou rompimento da emulsão por causa da coalescência das gotículas dispersas. Os fatores que favorecem a estabilidade de emulsões são tensão interfacial baixa, filme interfacial mecanicamente forte, repulsão das duplas camadas elétricas, volume relativamente pequeno da fase dispersa, gotículas pequenas e viscosidade Newtoniana elevada. A estabilidade das espumas depende de dois fatores principais: a tendência dos filmes líquidos sofrerem drenagem e se tornarem mais finos e a tendência à ruptura em consequência de perturbações aleatórias. Para aumentar a estabilidade é necessário o uso de um agente espumante (Pinto, 2009)

2.2.1 Aditivos

Aditivos são definidos pela FAO (1998), como substâncias não nutritiva, com a finalidade de melhorar a aparência, sabor, textura e tempo de armazenamento, os quais em alguns casos, podem aumentar seu valor nutricional.

Segundo o “Food Protection Comitee” da “ National Academy of Science” dos Estados Unidos, aditivos são substancias ou misturas de substancias, que não o produto alimentício em si, presentes nos alimentos, como resultado dos meios de produção, processamento, acondicionamento e armazenamento.”

Os aditivos derivam de várias fontes e pelas características que apresentam, mostram sua inconfundível aplicação.

Segundo Evangelista (1998) os aditivos se classificam segundo sua origem , em três classes:

- Naturais: obtidos por processos extrativos
- Semi-sintéticos: que são obtidos de substancias naturais, por fracionamento ou síntese
- Sintéticos: obtidos em laboratórios, por processos de síntese.

Têm-se também, os que dependem do modo como são apresentados nos alimentos e se dividem em dois grupos:

- Intencionais: são aqueles que propositalmente se agregam aos alimentos, em razão de seu processamento.
- Incidentais: compreendem as substâncias residuais ou migradas, encontradas nos alimentos ou produtos alimentícios, como matéria prima e durante suas fases de beneficiamento, embalagem, transporte e armazenamento. Estes aditivos são originados na pulverização de frutas e vegetais não aplicados na oportunidade e dosagens adequadas. Podem ser também de origem animal, de maneira geral os aditivos acidentais podem ou não fornecer inconvenientes ao organismo., nestes casos eles possuem tolerância máxima a ser permitida.

Os aditivos são classificados também, de acordo com suas funções que exercem na elaboração de produtos e de acordo com a legislação nacional, como podem ser apresentados na tabela 02:

Tabela 2: aditivos e suas funções nos alimentos.

CLASSIFICAÇÃO DOS ADITIVOS	
ADITIVOS	FUNÇÕES
Acidulante	Comunica ou intensifica o gosto ácido dos alimentos
Antiespumífero	Influi na tensão superficial dos alimentos
Antioxidante	Retarda o surgimento de processos oxidativos
Antiumectante	Diminui as características higroscópicas dos produtos
Conservador	Impossibilita ou atrasa a deterioração microorgânica ou enzimática dos alimentos.
Corante	Confere ou intensifica a cor dos produtos
Edulcorante	Transmite sabor doce
Espessante	Eleva a viscosidade de soluções, emulsões e suspensões
Espumífero	Modifica a tensão superficial dos alimentos
Estabilizante	Ajuda e conserva as características físicas das emulsões e suspensões dos alimentos
Flavorizantes	Aumentam o flavor dos alimentos
Umectante	Evita a perda de umidade dos alimentos

Fonte: EVANGELISTA, 1998.

Os aditivos são importantes para a indústria, pois são eles que possibilitam o melhoramento dos processamentos, e atuam nas seguintes utilidades:

- Proteger a matéria prima – possibilitando o aproveitamento de excedentes de produção e consequentemente evitando os desperdícios.
- Obter segurança e melhoria do produto – auxilia a manter as propriedades organolépticas e sanitária dos produtos, deixando-o mais atraente. Realça algumas características dos produtos, aumenta a vida útil de prateleira e auxilia nos métodos de padronização e conservação dos alimentos.
- No interesse do consumidor – possibilita a existência do produto no mercado, com maior variedade e em todas as épocas do ano.
- No interesse do produtor - confere ao produto, alto índice de preferência, maiores possibilidades competitivas e preços relativamente mais baratos do que os de seus similares.

Entre os aditivos citados anteriormente serão abordados os espessantes e estabilizantes, a gelatina e o Agar Agar.

2.2.1.1 Gelatina

Devido à sua capacidade natural de melhorar a aparência, a consistência e o sabor dos alimentos, esta é utilizada em numerosas aplicações industriais. Suas principais funções são como agente gelificante, estabilizante, emulsificante, aerador, formador de filmes, espessante, para prevenção de sinérese e para dar cremosidade aos mais diferentes produtos.

Além disso, a gelatina pode ser utilizada para concentrar proteína e reduzir o teor calórico e de carboidratos. Sua função é de aglutinação, gelificação e estabilização, melhora na espalhabilidade e maciez em produtos emulsificados e também atua na rápida redução dos valores de atividade de água (aw) e diminuindo também o tempo de maturação em preparações para embutidos; e atua na estabilização de emulsões, dispersões e suspensões.

Além destes fatores, conseguem-se melhorias também na cor, sabor e aroma. Entra no balanço protéico, agindo como ligante de água. (FOOD INGREDIENTS BRASIL n° 18, 2011).

2.2.1.2 Agar-agar:

Este aditivo, é proveniente de algas vermelhas da classe *Rhodophceae*.o Agar-agar é uma galactana de estrutura linear com radicais sulfatos ligados a essa estrutura.com baixo teor de sulfato. De forma semelhante ao amido, este aditivo apresenta duas frações: a agarose e agarpectina. A agarose não contém grupos sulfato e gelifica, já a agarpectina contém todos os grupos sulfatos e não gelifica. Entre as suas propriedades mais importantes tem-se a formação de géis reversíveis com resfriamento de sua dispersão aquosa a quente, sem a necessidade de reações posteriores, com outros produtos, por isso a infinidade de aplicações em alimentos e entre outras áreas.

Seus géis formados são reversíveis, o gel se funde no aquecimento e se forma novamente no resfriamento. Esse ciclo pode ser repetido várias vezes, pois o gel conserva muito bem suas propriedades mecânicas. E devido a seu alto poder de gelificação, este permite ser usado em pequenas quantidades nos produtos alimentícios. E a propriedade que caracteriza o Agar-agar é o fato de permanecer estável em temperaturas mais elevadas que a temperatura de gelatinização.

Suas maiores aplicações são em gelados comestíveis, inibindo a sinérese e dando textura, em bolos e tortas para controlar a atividade de água e diminuir a retrogradação e na maioria das vezes é usado junto com outras gomas(RIBEIRO, 2007).

2.2.2 Aditivos Estabilizantes

Os estabilizantes favorecem e asseguram as características físicas das emulsões e das suspensões, promovendo a integração dos componentes de forma homogênea evitando que os ingredientes se separem com o tempo.

2.2.3 Aditivos Espessantes

Os espessantes aumentam a viscosidade das soluções, emulsões e suspensões. Cujas atividades são bem complexas, pois apresentam vários tipos de ações, além de encorpar os produtos, que em muitos casos também exercem a função de emulsificante, estabilizante e geleificante.

2.2.4 Parâmetros Para Caracterização

2.2.4.1 Massa Específica (ρ) e Expansão (β)

A massa específica é a propriedade mais importante na escolha do agente espumante para a desidratação em leito de espuma, pois é a redução desta, causada pela incorporação de ar durante a agitação da polpa com o aditivo, que caracteriza a formação da espuma (SOUZA,2011). Bem como a expansão da espuma que quanto maior for à expansão, menor será a massa específica. Em outras palavras, quanto mais aerada e porosa for à espuma, melhor será o estudo da massa específica. A formação de uma espuma estável e pouco densa é fundamental para obter uma melhor eficiência no processo de desidratação. A densidade de líquidos e sólidos não varia significativamente com a pressão em condições comuns, mas mudam com a composição e a concentração do produto (Vital, 2012).

2.2.4.2 Umidade (U)

A água se encontra nos alimentos, na forma livre e ligada. A livre que não está ligada a nenhuma molécula, é fácil de ser eliminada. Já a água ligada que está intimamente ligada as proteínas e carboidratos, sendo difícil de ser retirada.

Determinar o teor de umidade é de fundamental importância, já que a preservação do alimento depende da sua quantidade de água (MORETTO, 2002).

Na secagem de espumas, a retirada da umidade, é o principal objetivo, que é através do conhecimento de seus valores que são medidos a eficiência do estudo em evidencia, conhecendo os valores de umidade na polpa e na espuma.

2.2.4.3 pH

O potencial hidrogênio é importante por causa da influência que exerce sobre os microrganismos, reduzindo ou até mesmo inibindo seu crescimento (GAVA, 1998).

Sendo bastante empregado para controlar o índice de contaminação dos alimentos, e manter sua qualidade no produto final.

2.2.4.4 Sólidos Solúveis Totais (°BRIX)

Nas frutas o teor de sólidos solúveis representam os componentes que são solúveis em meio aquoso, como os açúcares redutores, vitaminas, ácidos orgânicos, aminoácidos e outras proteínas (HOBSON, 1993).

O teor de sólidos solúveis sofre influencia do estado de maturação da fruta, aumentando com o amadurecimento deste provocado pela degradação dos polissacarídeos até a fase em que os frutos passam a utilizar esta reserva energética para suas atividades metabólicas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.3 ESTADO DA ARTE

Alguns artigos, relacionados a secagem de espumas, em leito de espuma sobre estabilidade, aplicando o emprego de aditivos foram publicados. Dentre eles os que mais se destacaram em relação ao estudo foram: Soares (2009) que estudou sobre a aplicação de aditivos em araçá-boi, dos quais foram testados os aditivos: Emustab®, Superliga®, albumina e maltodextrina, com a finalidade de melhorar as características das espumas, sendo a albumina a que obteve melhores resultados, para a secagem. Barreto *et al* (2011) testou os aditivos: Emustab®, Superliga® e albumina ou a mistura destes, na preparação de espumas, obtendo êxito na formulação, albumina+ Superliga®, que produziu um pó com características sensoriais e físico-químicas para ser utilizado como ingrediente na produção de derivados de pitanga roxa. Madureira *et al* (2011) empregou o amido modificado como coadjuvantes de secagem, para o figo da índia, obtendo bons resultados de secagem.

Souza (2011) e Miquelim (2010) usaram aditivos para melhoria de secagem e/ou estabilidade de espumas, o que facilitou o desenvolvimento de seus trabalhos obtendo bons resultados, haja vista que o emprego de aditivos está cada vez mais sendo utilizados, para tornar mais estáveis espumas de diferentes frutas que caso não tivessem dificilmente, iriam ser empregados o método “foam-mat”.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

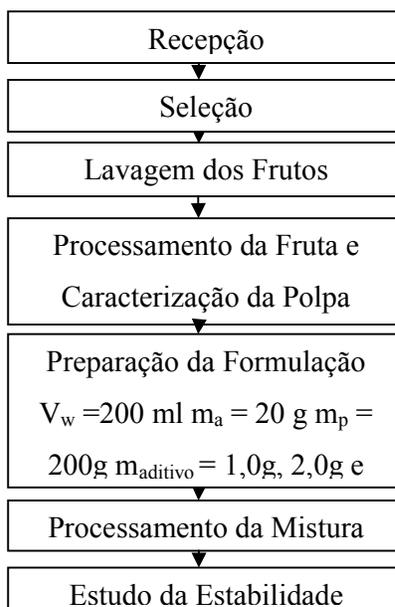
O método utilizado neste trabalho baseou-se nos trabalhos realizados por Vital (2012), a albumina já havia sido testada, fazendo parte da formulação base como agente espumífero, então testamos o Agar-agar e gelatina para tentar melhorar as propriedades de estabilidade da espuma.

3.1 MATERIAL

Este projeto foi realizada no Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba. A Matéria prima utilizada foi a goiaba vermelha do tipo Paluma (*Pisidium guajava* L.) adquiridas no mercado central de Campina Grande – PB.

O procedimento experimental é representado de maneira sintetizada na Figura 04, através do diagrama de blocos, onde são observadas as etapas utilizadas no estudo da estabilidade das espumas em diferentes formulações.

Figura 6: Diagrama de blocos experimental da obtenção e avaliação da espuma.



- Recepção: Os frutos foram adquiridos no mercado central de campina grande.
- Seleção: A goiabas foram selecionadas de acordo com seu estágio de maturação, as de preferência as de cor amarelo-claro e com diâmetros maiores e dureza característica.
- Lavagem dos Frutos: Nesta etapa, as goiabas foram lavadas com água corrente e retiradas o pedúnculo superior, até total limpeza superficial.
- Processamento da Fruta e Caracterização da Polpa: Após de secas, as frutas foram trituradas em processador para obtenção da polpa in natura. E em seguida foram retiradas alíquotas da amostra para caracterização da polpa nos seguintes parâmetros: pH, °Brix, massa específica e umidade.
- Preparação da Formulação: Após a obtenção da polpa, preparou-se a formulação de acordo com o planejamento experimental, usando a formulação base e as quantidades de aditivos definidos para o experimento.
- Processamento da Mistura: Após a pesagem e aferição dos componentes da mistura, realizou-se a agitação, para proporcionar a formação da espuma.
- Estudo da Estabilidade: Logo após a formação da espuma, foram retiradas alíquotas para determinar, o tempo de queda da primeira gota (Tqpg), volume drenado, Cinética de estabilidade, pH, °Brix, massa específica, expansão e umidade.

3.2 FORMULAÇÃO E PREPARAÇÃO DAS ESPUMAS

Vital (2012) estudando a estabilidade das espumas de goiaba obtidas a partir da polpa processada em laboratório verificou que a melhor formulação independente das condições de temperatura, foi com massa de albumina de 20 g, massa de polpa 200 g e volume de água 200 mL. Desta forma, usando como base esses valores foi possível preparar novas formulações adicionando a esta mistura um estabilizante para verificar o comportamento da espuma diante esta modificação. As variáveis dependentes foram avaliadas por meio da determinação da massa específica, da expansão e de testes de estabilidade e da cinética de estabilidade das espumas a partir do volume drenado em função do tempo. As espumas nas suas diferentes formulações foram avaliadas inicialmente na temperatura ambiente de aproximadamente 25°C, a partir de um planejamento fatorial completo 2² com três repetições no ponto central (DCC), apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Matriz do planejamento experimental (DCC) 2^2 com três repetições no ponto central em temperatura ambiente (+/- 25°C) ($V_w = 200\text{mL}$; $M_p = 200\text{g}$; $M_a = 20\text{g}$).

Ensaio	$M_{\text{Gelatina}}(\text{g})$	$M_{\text{agar-agar}}(\text{g})$
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

A Tabela 4 mostra os valores descodificados das variáveis independentes usadas no presente trabalho utilizando como estabilizantes a gelatina e o Agar-agar.

Tabela 4. Matriz do planejamento experimental (DCC) 2^2 com três repetições no ponto central dos valores descodificados em temperatura ambiente (+/- 25°C).

Variável independente	-1	0	+1
$M_{\text{gelatina}}(\text{g})$	1	2	3
$M_{\text{Agar-Agar}}(\text{g})$	1	2	3

3.2.1 Preparação das Espumas

Em um béquer pesou-se 200g polpa, posteriormente em um vidro de relógio pesou-se 20g de albumina e com o auxílio de uma proveta aferiu-se 200 mL de água destilada e a quantidade especificada dos aditivos, nas condições operacionais descrita nas tabelas 2 e 3, conforme o planejamento experimental usado. Em seguida a mistura foi submetida à agitação constante durante 9 minutos em batedeira doméstica, nas velocidades (2, 4 e 5), onde se passava três minutos a cada velocidade. No final da agitação a espuma foi caracterizada.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA

3.3.1 Determinação da Massa Específica da Polpa, Massa Específica da Espuma e Expansão da Espuma.

Para avaliar a expansão das espumas, foram determinadas as massas específicas tanto das espumas quanto das polpas de frutas, que foram medidas por meio da picnometria, utilizando-se picnômetros padrões de 50 mL previamente calibrados. As medidas foram realizadas em triplicatas (DANTAS, 2010).

Para o cálculo da massa específica da polpa e da espuma foram utilizadas as Equações 01 e 02:

$$\rho_{amostra} = \frac{M_{amostra}}{V_{pic}} \quad (01)$$

$$M_{amostra} = M_{pic+amostra} - M_{pic} \quad (02)$$

A expansão das espumas foi calculada a partir da Equação 03:

$$\beta(\%) = \frac{1/\rho_e - 1/\rho_p}{\rho_p} \times 100 \quad (03)$$

Em que:

β = expansão da espuma (%)

ρ_p = massa específica da polpa (g.Cm^{-3})

ρ_e = especificada espuma (g.Cm^{-3})

Segundo Van Arsdel (1964) a massa específica das espumas deve estar compreendida numa faixa de 0,1 a 0,6 g/Cm^3 .

3.3.2 Determinação dos Parâmetros

O Brix e umidade em base úmida da polpa e da espuma para diferentes formulações. As polpas e espumas formuladas sujeitaram-se à análise de pH, sólidos solúveis totais (STT), umidade em base úmida. As análises foram realizadas em triplicata.

3.3.2.1 pH.

O pH foi realizado por meio do método potenciométrico calibrando-se o potenciômetro com soluções tampão 4,0 e 7,0. Para essa análise, foram pesados 10g das amostras de material em um Béquer, onde as mesmas foram diluídas em 100 mL de água destilada, homogeneizadas e as leituras foram realizadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.3.2.2 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

Foram pesados 2g das amostras em um béquer, em seguida, foram diluídas em 10 mL de água destilada, homogeneizadas e transferidas 1 ou 2 gotas para o refratômetro. (DANTAS, 2010).

3.3.2.3 Umidade

Foram pesadas amostras de 1 a 3 gramas em bandejas calibradas. Em seguida, foram colocados na estufa com circulação forçada de ar a 105°C até atingirem peso constante, de acordo com as técnicas descritas pelo instituto Adolfo Lutz (1985) sendo, expressa em base úmida (b.u) pela Equação 04:

$$U(b.u) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (04)$$

Em que:

M_i , massa inicial de polpa (g)

M_f , massa final de polpa (g)

3.4 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ESPUMA

Este teste consiste em avaliar o volume de líquido drenado, conforme técnica descrita por Karim e Wai (1999). Foi montado um sistema composto com proveta de 10 mL, funil de haste longa de 70 mL e filtro de gaze que se encontra ilustrado na Figura 7.

Figura 7: Sistema utilizado da determinação da estabilidade da espuma.



Fonte: Própria (2013).

Após o preparo das formulações, as espumas foram adicionadas aos funis até preencherem completamente o volume total e deixadas em repouso. Ao se observar o desprendimento da primeira gota de líquido, marcava-se no cronômetro um tempo fixo de 5 minutos, efetuando-se a medida do volume total de líquido drenado naquele intervalo de tempo. Avalia-se a estabilidade pelo inverso do volume drenado, pela equação 05 ou pela fração de volume que se desprende da espuma no intervalo de tempo considerado utilizando a pela equação 06, no caso específico de 5 minutos.

$$\varepsilon = \frac{1}{V_d} \quad (05)$$

$$\theta(\%) = \frac{V_d}{V_i} \times 100 \quad (06)$$

Em que:

V_d , volume de líquido drenado (mL) durante os 5 min iniciais.

V_i , volume inicial da espuma colocada no funil (mL)

θ , fração de volume drenado (%)

ε , estabilidade da espuma (mL^{-1})

3.5 CINÉTICA DE ESTABILIDADE DAS ESPUMAS

Foi realizado o estudo cinético das espumas de goiaba na temperatura ambiente, aproximadamente 25°C. Utilizou-se o sistema descrito na Figura 02. As medidas do volume desprendido foram acompanhadas até volume constante, em intervalos de 1 minuto. Os dados foram utilizados para construir as curvas de volume drenado, (V_d , mL) em função do tempo, t ,

(min). A cinética de estabilidade, na temperatura ambiente fornece dados importantes sobre o intervalo de tempo que pode ser mantido entre a preparação da espuma e o início da secagem (DANTAS, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 PROPRIEDADES DA POLPA DE GOIABA

Embora a polpa obtida apresente características peculiares em relação as suas propriedades a Tabela 4 mostra os resultados obtidos de 25 medidas para cada propriedade da polpa *in natura*. Observamos que os valores encontrados apresentam uma boa concordância entre si.

Tabela 5: Média dos Valores Encontrados em Estudo das Propriedades da Polpa de Goiaba.

Propriedade	Média
pH	3,534 ± 0,318
Brix	3,06 ± 0,81
ρ_p (g/Cm ³)	1,0311 ± 0,0359
U _i (b.u.) (%)	89,4 9± 2,75

Inicialmente, realizou-se um planejamento fatorial 2² com duas repetições no ponto central para analisar de maneira preliminar o estudo do efeito combinado dos aditivos gelatina e Agar-Agar estabilizante. A Tabela 6 apresenta os resultados experimentais obtidos na temperatura ambiente dos parâmetros usados para verificar o comportamento das espumas obtidas de acordo com sua estabilidade.

Onde:

T_{qpg} = Tempo de queda da primeira gota.

M_{gelatina} = Massa da Gelatina

M_{agar-agar} = Massa de Agar-agar

ρ_{espuma} = Massa específica da Espuma

θ = Fração de Volume Drenado do Desprendimento da Espuma.

ϵ = Estabilidade da Espuma

$$\beta_{\text{espuma}} (\%) = \text{Expansão da Espuma}$$

Tabela 6: Resultados experimentais obtidos com estabilizante Gelatina e Agar-Agar combinados.

Ensaio	M _{gelatina} (g)	M _{Agar-Agar} (g)	ρ_{espuma} (g.cm ⁻³)	θ (%)	T _{qpg} (min)	ϵ (mL ⁻¹)	β_{espuma} (%)
1	-1	-1	0,1638	0,14	42,54	14,28	483,18
2	+1	-1	0,1692	1,20	26,65	1,666	479,39
3	-1	+1	0,4866	11,0	61,29	0,182	105,16
4	+1	+1	0,2106	0,20	44,26	10,00	363,95
5	0	0	0,1676	0,60	33,30	3,33	484,60
6	0	0	0,1685	0,66	32,65	3,03	481,51

Observa-se, de acordo com a Tabela 6 que a massa específica da espuma (ρ_{espuma}), e a fração de volume drenado (θ) apresentaram menores valores para a condição de menor concentração de ambos os aditivos, representada no ensaio 1, e a estabilidade (ϵ), obteve maiores valores. Comparando os valores encontrados com Vital *et al* (2012), não se verificou modificações significativas. Este comportamento também foi verificado em relação à expansão da espuma. Segundo Thuwapanichayanan *et al* (2008), uma massa específica menor melhora a estabilidade da espuma, corroborando com a tese de que massas específicas elevadas prejudicam a formação da espuma. Segundo Van Arsdel (1964) a densidade das espumas deve estar compreendida numa faixa de 0,1 a 0,6 g/cm³, o que se pode verificar que os 6 ensaios estão de acordo com este estudo.

Em relação a variável tempo de queda da primeira gota (T_{qpg}), verificou-se que o maior tempo de desprendimento da água da espuma ocorreu no ensaio 3, em torno de 61,29 min, para menor quantidade de massa de gelatina e maior quantidade da massa de agar-agar, obtendo-se um valor melhor que o encontrado por Vital *et al* (2012), que foi de 44 minutos.

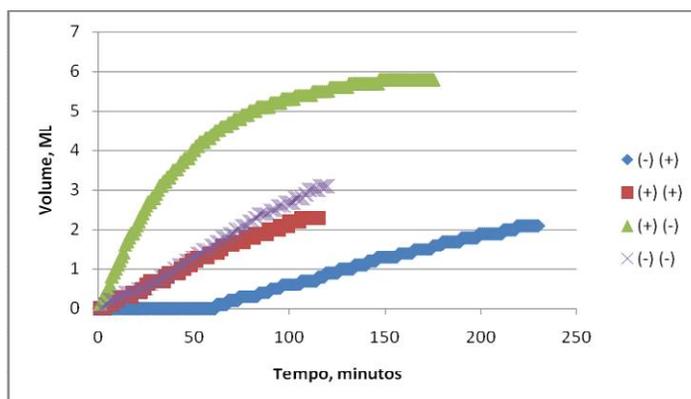
Por outro lado, para o ensaio 2 observou-se um comportamento contrário, ou seja, a primeira gota desprende-se em um tempo muito curto de aproximadamente 26,6 minutos sugerindo que o aumento da quantidade de gelatina aumentou seu tempo de queda.

Em concentrações maiores observou-se que há uma inibição dos efeitos dos aditivos um sobre o outro anulando a capacidade de melhorar as características das espumas formuladas. Embora, as variáveis massa específica da espuma, fração de volume drenado e a estabilidade não tenham sofrido grandes alterações comparados com os resultados obtidos por Vital *et al* (2012), cujos valores se encontram no anexo I. O tempo de queda da primeira gota obtida com a combinação dos aditivos foi superior, em torno de 11%. Tavares *et al* (2013) verificaram que as espumas contendo em sua formulação gelatina como emulsificante não apresentaram estabilidade, justificando este fenômeno pelo efeito do baixo valor de pH do suco de maracujá sobre as proteínas da gelatina.

4.2 AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ESTABILIDADE DA ESPUMA

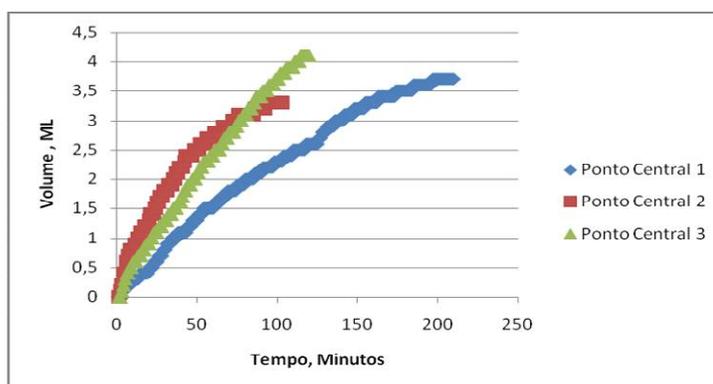
As curvas apresentadas na Figura 8 mostram o comportamento do desprendimento da espumas ao se dissolver, em temperatura ambiente. Observando o gráfico abaixo pode-se constatar que na curva (-) (+) , obteve-se menor volume final desprendido, mostrando a influência do Agar-agar na estabilidade da espuma, tendo resultado semelhante nas curvas de maior concentração (+) (+) e na curva de menor concentração (-) (-) ambos os aditivos. Já a curva onde a maior concentração foi a de gelatina com menor de Agar-agar (+) (-), observa-se um maior volume final e tempo maior para estabilizar, sugerindo alguma inibição por parte do Agar-agar em detrimento a gelatina ou vice-versa. Estes resultado proporcionam realizar novos experimentos com os aditivos isoladamente, para determinar seus efeitos e a causa da inibição de um dos aditivos. Os dados não foram comparados, pois esses testes foram realizados até volume constante, enquanto os de Vital (2012) foram acompanhados apenas durante 15 minutos.

Figura 8: Avaliação da Cinética de Estabilidade da Espuma no Experimento 2²



A curvas apresentadas na Figura 9 mostram a dissolução da espuma em função do tempo, nos três pontos centrais, na temperatura ambiente. Com estes resultados pode-se observar a reprodutibilidade dos experimentos tendo mesma tendência, alterando apenas o volume final, constante. Quanto a diferença entre estas curvas, pode ser explicado pelo fato das frutas terem variado suas propriedades alterando o volume final, com épocas diferentes.

Figura 9: Avaliação da Cinética de Estabilidade da Espuma nos Três Pontos Centrais



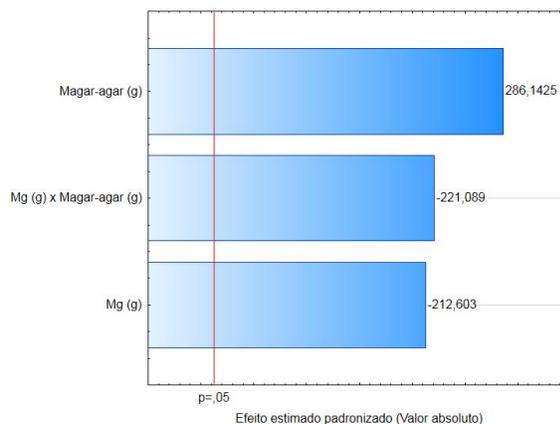
4.3 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

A partir do planejamento fatorial preliminar foi possível analisar estatisticamente os resultados encontrados para as variáveis respostas estudadas num limite de confiança de 95%.

As Figuras 9, 10, 11, 12 e 13 mostram diagramas de Pareto das variáveis respostas massa específica da espuma (ρ_e), fração de volume drenado (θ), tempo de queda da primeira gota (tqpg), estabilidade da espuma (ε) e a expansão da espuma (β), respectivamente.

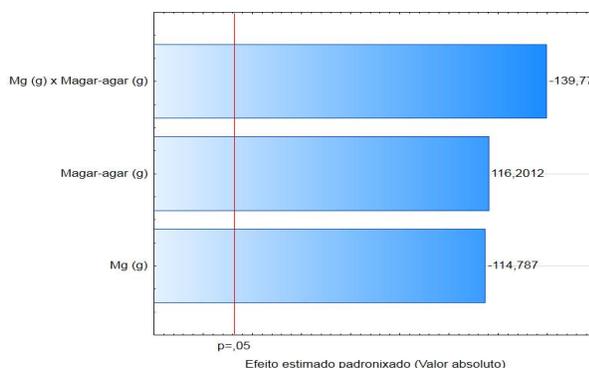
Na Figura 10, pode-se observar que o efeito mais significativo sobre esta variável é do aditivo Agar-Agar, sendo este positivo; ou seja, quanto maior a quantidade deste estabilizante maior a massa específica. Por outro lado, observa-se que os efeitos da mistura destes aditivos apresentam um efeito negativo sugerindo que quanto menor a quantidade utilizada maior a massa específica da espuma.

Figura 10. Diagrama de Pareto para variável resposta massa específica.



Na Figura 11, observa-se no diagrama de Pareto para a variável resposta fração de volume drenado, mais uma vez, que o efeito de interação apresenta-se como mais significativo. Contudo, em relação à fração de volume drenado, quanto maior a massa dos aditivos combinados menor a fração de volume drenado. O mesmo comportamento é observado em relação ao estabilizante gelatina. Em relação a variável dependente, massa de Agar-Agar, verifica-se que o efeito é negativo, ou seja, quanto maior a massa deste aditivo menor será a estabilidade.

Figura 11. Diagrama de Pareto para variável resposta fração de volume drenado.

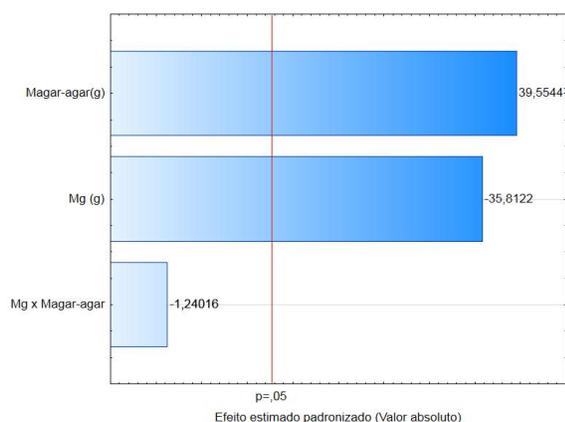


A Figura 12, apresenta o diagrama de Pareto para variável resposta tempo de queda da primeira gota, muito importante para avaliação das condições da espuma durante a secagem.

Observa-se para esta variável que o uso do efeito combinado entre os estabilizantes não apresenta significância. O efeito mais importante é o do aditivo Agar-Agar sendo este positivo, ou seja, quanto maior a massa deste estabilizante usada maior será o tempo de queda da primeira gota. Em relação à massa de gelatina, observa-se que quanto menor a quantidade

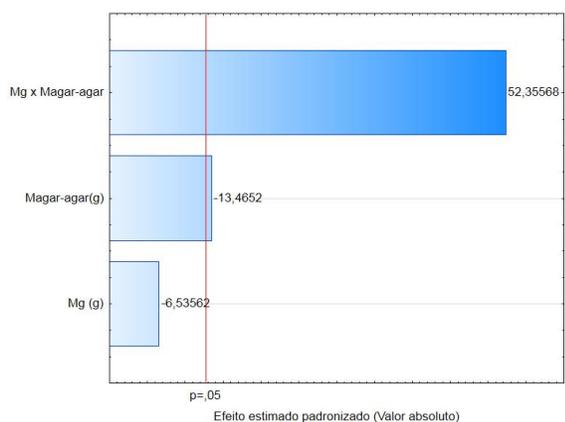
utilizada menor o tempo de queda da primeira gota, este comportamento é muito importante visto que pode-se trabalhar com quantidades menores e reduzir custo no processo final do produto.

Figura 12. Diagrama de Pareto para Variável Resposta Tempo de queda da primeira gota.



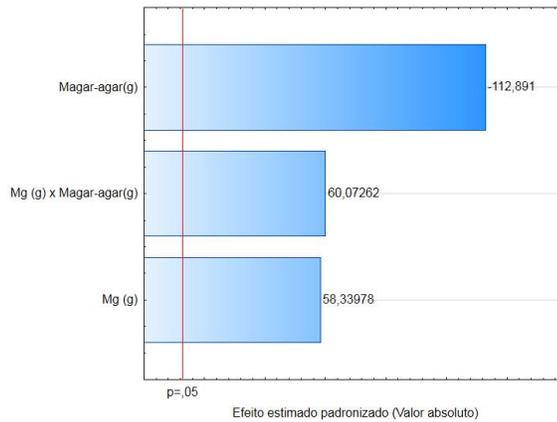
A Figura 13 representa o diagrama de Pareto para variável resposta estabilidade, observa-se mais uma vez que o uso combinado dos dois aditivos apresenta-se como mais importante. O efeito apresenta-se positivo, ou seja, quanto maior a massa dos estabilizantes utilizadas maior a estabilidade da espuma. É importante frisar que para secagem da espuma sabe-se que a gelatina durante a secagem forma uma película o que provavelmente dificultará obter um produto com baixo teor de umidade então o uso combinado destes poderá contribuir muito para a secagem da espuma.

Figura 13. Diagrama de Pareto para variável resposta estabilidade.



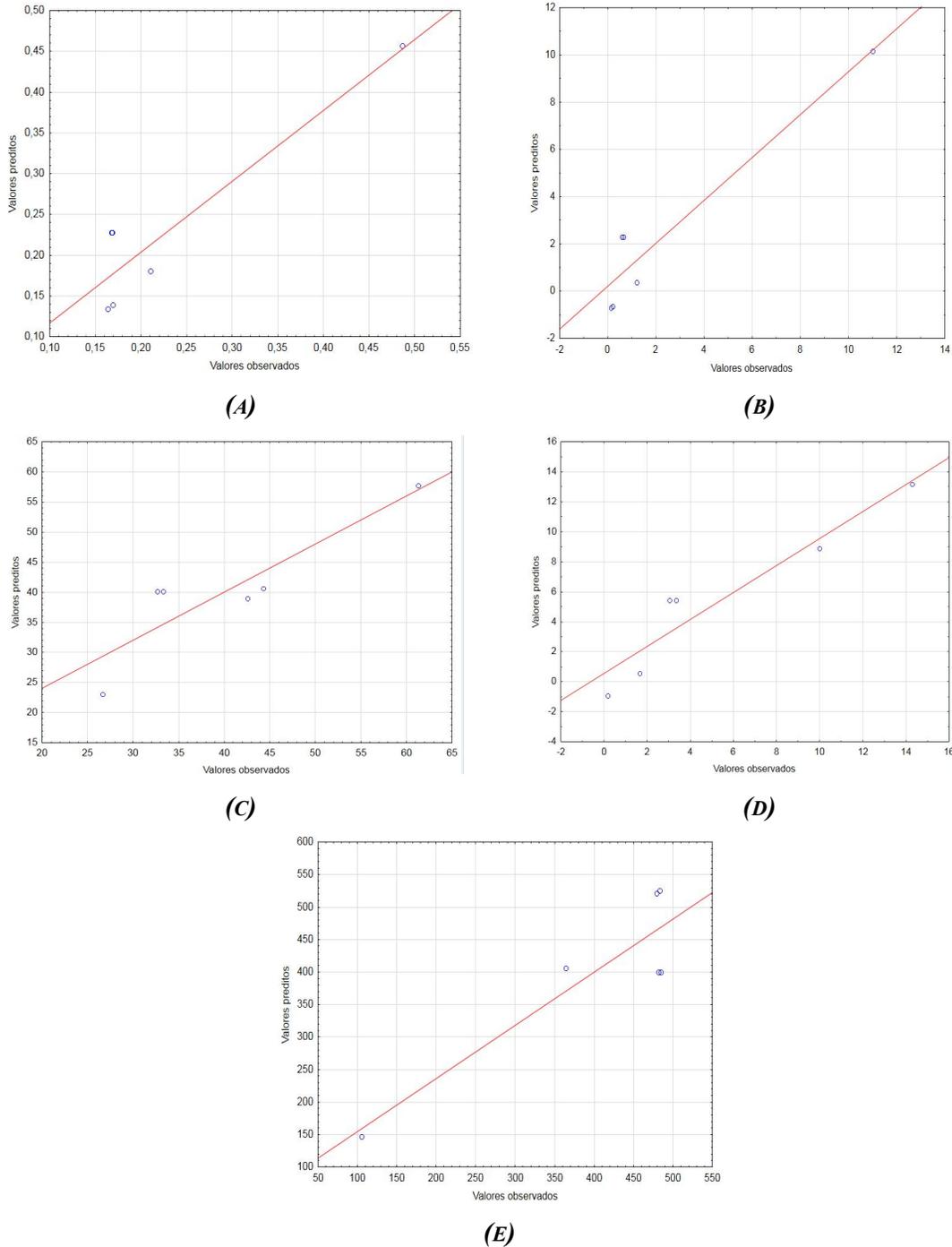
Na Figura 14, observa-se que o uso do aditivo Agar-agar apresenta efeito negativo sobre esta variável resposta, pode-se dizer que o aumento da massa deste estabilizante diminui a expansão da espuma.

Figura 14. Diagrama de Pareto para variável resposta expansão da espuma.



As Figuras 15 (a), (b), (c), (d) e (e) apresentam o diagrama de dispersão entre os valores preditos e valores observados para as variáveis respostas: massa específica da espuma, fração volume drenado, tempo de queda da primeira gota, estabilidade da espuma e expansão da espuma, respectivamente. Verificou-se, a partir de destes gráficos, uma grande dispersão dos valores pressupondo que o modelo linear proposto inicialmente para avaliação não seja satisfatório, sendo necessário expandir a matriz.

Figura 15. Gráfico de dispersão valores preditos versus valores observados



Este comportamento também pode ser observado a partir dos valores dos coeficientes de determinação obtidos para os modelos lineares e com curvatura apresentados na Tabela 6. Verifica-se que o modelo com curvatura apresenta um coeficiente de determinação (R^2) bem melhor que o previsto pelo modelo linear, por este aproximar-se de 1,0.

Tabela 7. Comparação entre o coeficiente de determinação para o modelo linear e com teste de curvatura.

Variável	Coeficiente de determinação, R^2	
	Linear	Teste de curvatura
Massa específica	0,869	1,000
Fração de volume drenado	0,908	0,999
Tempo de queda da primeira gota	0,797	0,998
Estabilidade	0,900	0,998
Expansão	0,878	0,999

5 CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados pode-se concluir que o uso da combinação de dois aditivos para melhorar a qualidade da espuma obtida da polpa de goiaba processada em laboratório mostrou-se satisfatória, porém os melhores resultados foram visualizados em concentrações menores destes estabilizantes. Desta forma, preliminarmente pode-se dizer que o uso combinado destes aditivos contribui de maneira geral para a melhoria das espumas formadas e provavelmente ajudar no processo de secagem. Por outro lado, verificou-se que a gelatina apresenta melhor efeito sobre as características da espuma em relação a massa específica e expansão da espuma.

Dessa maneira, pode-se dizer que os aditivos influenciaram principalmente no tempo de queda da primeira gota, ou seja, auxiliaram no aumento da estabilidade da espuma, nas outras propriedades os efeitos foram menores, mas como os experimentos foram realizados em temperatura ambiente e sabe-se que tanto a gelatina e Agar-agar começam a gelificar em temperaturas maiores, pode-se sugerir realizar novos experimentos em temperaturas superiores a ambiente. Quanto às inibições de um aditivo a outro, como foi encontrado, em determinadas concentrações, pode-se realizar novos experimentos com aditivos isoladamente.

Já em relação ao teste de curvatura realizado e a tendência observada, foi visto que para configuração estrela o modelo, se comporta melhor com R^2 próximo de 1,0, pode-se sugerir novos experimentos ampliando a matriz experimental, para determinar se essa tendência é confirmada nos testes práticos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHANDARI, B.R., SENOUSI, A., DUMOULIN, E.D., LEBERT, A., 1993. **Spray drying of concentrated fruit juices**. Drying Technology 11 (5), 1081–1092.

BARRETO, I. M. A. SOUZA, B. S. SOUZA, V. C. CHAVES, M. A. **Efeito da concentração de albumina na estabilidade de espuma de pitanga roxa** (Eugenia uniflora). 2011.

CARNEIRO, D. D. **Desidratação de alimentos por Foam-Mat Drying**. 2008. 9p Seminário (Processamento de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

Dantas, S. C.M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. Natal . 2010 – Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

EVANGELISTA, J, 1913. **Tecnologia de alimentos**/José Evangelista – São Paulo : Editora Atheneu, 1998.

FOOD INGREDIENTS BRASIL – Revista eletrônica nº 18, 2011.

FREITAS, G.A. **Informe Rural ETENE N°24**, ano IV. dezembro de 2010.

GONZAGA NETO, L. **Produção de goiaba**. – Fortaleza: Instituto Frutal, 2007. 64 p.

GAVA, A. J. **Princípio de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, Nobel, 1984, 283 p. GOIABRÁS. Guatchup. (Internet: <http://www.goiabras.org.br>, capturado em 2 de fevereiro, 2012).

HIMMELBLAU, D. M. **Engenharia química: Princípios e cálculos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998. 592p.

.HOBSONG, GRIERSON D.1993. Tomato. In: G Seymour, J Taylor, G Tucker. eds.*Biochemistry of fruit ripening*. London UK, Chapman and Hall:405–442.

. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 5. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

Disponível em:

(http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf Acesso em 26 de Junho de 2012.)

KARIM A. A.; WAI C. C. **Foam-mat drying of starfruit** (Averrhoa carambola L.) purée. Stability and air drying characteristics. *Food Chemistry*, v. 64. p. 337-343. 1999

MELO, C. S. **Secagem de polpa do fruto do mandacaru**/Karla dos Santos Melo. Campina Grande. 2008 – Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

MADUREIRA ,I. A. FIGUEIRÊDO ,R. M. F. MELO ,A. J.Q. SILVA FILHO,E.D. **CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DO FIGO-DA-INDIA**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.13, n.Especial, p.345-354, 2011 345 ISSN 1517-8595.

MIQUELIM, J.N. M669 A. **Avaliação reológica e microscópica de espumas tipo marshmallow**/ Joice Natali Miquelim – São Paulo 2010, 116 P.

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L, V.; KUSKOSKI, E, M. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002, 256p.

OLIVEIRA, M, E. B.; BASTOS, M, S, R.; FEITOSA, T. **Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicas das polpas congeladas de acerola, cajá e caju**. *Ciências e tecnologia de alimentos*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo** (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma. / Ellen Godinho Pinto. – Itapetinga, BA: UESB, 2009. 65p.

RIBEIRO, E.P. **Química de alimentos**/Eliana Paula Ribeiro, Elisena A.G. Seravalli. 2º edição- são Paulo ; Blucher, 2007.

SHAW, **Introdução à Química dos Colóides e de Superfícies**, Editora Edgard Blücher Ltda, 1975.

SILVA, J. E. F. V. **Estudo da estabilidade das espumas da polpa de goiaba** (*Psidium Guajava* L.) [manuscrito] / José Everton Franklyn Vital da Silva. – 2012.55 f. : il. color.

SOUZA, V.C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu** (*theobroma grandiflorum*) / Vinicius Carvalho Souza. – Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 67 fl.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi** (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma. Itapetinga, BA: UESB, 2009. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos).

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. **Drying characteristics and quality of banana foam mat**. Journal of Food Engineering, Amsterdam, v. 86, n. 4, p. 573-583, 2008.

TAVARES, I. M. C.; SILVA, A. A.; COUTINHO, J. P.; SOUZA, D. S.; MIYAJI, M. Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Formulações para a secagem de maracujá em leite de Espuma.
Fonte:<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABjhgAJ/formulacoes-a-secagem-maracuja-leito-espuma>, pesquisado em 14 de dezembro de 2013.

VAN ARSDEL; COPLEY. **Food dehydration. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company**, 1964. v. 2, 721 p.

<http://www.seagri.ba.gov.br/Goiaba.html>, acessado dia 21 de junho às 08h05min.

<http://www.agrolink.com.br/biotecnologia/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=86922>, acessado dia 21 de junho, às 08h27min.

<http://www.abanorte.com.br/noticias/noticias-da-pagina-inicial/a-producao-mundial-de-frutas-tropicais-atingira-82-milhoes-de-toneladas-em-2014/>, acessado dia 21 de junho às 08h48min.

http://www.brazilianfruit.org.br/Pbr/Informacao_Consumer/Fruta.asp?fruta_ID=21&fruta_nome=Goiaba , acessado dia 21 de junho de 2013, às 09h00min.

<http://www.fcf.usp.br/Departamentos/FBF/Disciplinas/Farmacotecnica/EMULSOES1.htm>

7. ANEXO I

Anexo I: Tabela 8 , dos valores encontrados por Vital (2012) em seus estudos sobre estabilidade.

Ensaio	V _w (mL)	M _p (g)	M _a (g)	ρ_e (g/Cm ³)	θ	t _{app} (min)	ϵ	β_e (%)
F1	200	100	10	0,1638	0,0086	39	2,0370	523,28
F2	400	100	10	0,1466	0,0386	16	0,4220	596,40
F3	200	200	10	0,1837	0,0105	44	1,5833	455,43
F4	400	200	10	0,1516	0,0200	17	0,8214	573,43
F5	200	100	20	0,1752	0,0171	26	1,0185	482,72
F6	400	100	20	0,1847	0,0405	11	0,4347	452,75
F7	200	200	20	0,1781	0,0038	38	5,2778	473,23
F8	400	200	20	0,2193	0,0195	22	0,9635	365,54
PC	300	150	15	0,2565	0,0198	28	0,9144	300,92
PC	300	150	15	0,2475	0,0234	26	0,8982	315,51
PC	300	150	15	0,2594	0,0185	24	0,9199	296,44

Fonte: Vital (2012)