

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ESPUMA DA POLPA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.)

¹Elibe Silva Sousa; ¹Braulio de Almeida Silva; ²Ângela Maria Santiago; ³Marcello Maia de Almeida

¹*Universidade Estadual da Paraíba – Bacharel em Química Industrial*

elybesilva@gmail.com; braulio_almeida@hotmail.com

²*Universidade Estadual da Paraíba - Departamento de Química.*

³*Universidade Estadual da Paraíba. Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental. marcello_maia2000@yahoo.com.br*

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 estabilizantes gelatina e goma Agar-ágar. A massa de aditivo utilizada foi de 1g, 2g e 3g. Os efeitos 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 com expansão da espuma de 483,18 %.

Palavras-chave: espuma, aditivo, estabilidade.

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 que 78 % são frutas principais (manga, abacaxi, abacate e mamão) e 22 % são secundárias (lichia, rambotã, goiaba, etc.). Noventa por cento das frutas tropicais são produzidas em países que estão em desenvolvimento. No entanto, a avaliação do comércio internacional destas frutas 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 a reduzir os níveis de pobreza. Em geral, as perspectivas para a demanda de frutas frescas tropicais são favoráveis, pois se espera que o volume de importações das frutas principais (manga, abacate, mamão e abacaxi) aumente em 24 %. As previsões indicam que em 2013 haverá uma compra de 3,6 milhões de toneladas da qual 2,6 milhões de toneladas (81 %) serão exportadas para os mercados dos países desenvolvidos. EUA e a União Européia recebem 70% das importações de frutas tropicais, seguidos pelo Japão (ABANORTE, 2013).

No Nordeste, há uma produção muito alta de frutas tropicais e subtropicais como a goiaba, mas, problemas com o processamento ou a falta deste acarretam um grande desperdício de frutas que poderiam ser comercializadas para outras regiões ou até mesmo exportadas para outros países. Todavia estas frutas são deterioradas em tempos curtos o que prejudica o armazenamento e a exportação.

O tratamento de polpas de frutas com a finalidade de prolongar sua vida útil pode ser feito mediante sua desidratação ou secagem. Em função da diminuição do conteúdo de água ocorre a redução da atividade de água e as reações deteriorativas são minimizadas. 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).

A gelatina é ativada principalmente na presença de temperatura formando uma película que dará certamente estabilidade as espumas, mas por outro lado dificultará a secagem das mesmas, obtendo-se um produto provavelmente com aspecto de aglomerado. Desta forma, este trabalho apresenta um estudo do efeito combinado entre dois aditivos objetivando minimizar os

problemas causados pela gelatina durante a secagem, ao mesmo tempo melhorar a estabilidade das espumas formuladas.

Neste trabalho realizou-se um estudo do comportamento da estabilidade de espumas mediante uso de aditivos alimentícios gelatina e Agar-ágar, objetivando melhorar a qualidade da espuma da polpa da goiaba processada em laboratório por Silva *et al* (2012). Os autores verificaram que a melhor formulação independente das condições de temperatura foi obtida para a formulação contendo 20g de massa de albumina, 200 g de massa de polpa e 200 mL em volume de água.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se como matéria-prima goiabas vermelhas do tipo Paluma (*Pisidium guajava* L.) adquiridas no mercado central de Campina Grande – PB.

O procedimento experimental é representado de maneira sintetizada na Figura 1 onde são observadas as etapas utilizadas no estudo da estabilidade das espumas em diferentes formulações (Fi) na temperatura ambiente.



Figura 1. Fluxograma experimental para obtenção e avaliação da espuma

As espumas nas suas diferentes formulações foram avaliadas na temperatura ambiente de aproximadamente 25°C a partir de um planejamento fatorial completo 2^2 com três repetições no ponto central (DCC), como se mostra na Tabela 1.

Tabela 1. Planejamento experimental (DCC) 2² com duas repetições no ponto central em temperatura ambiente.

Ensaio	M _{Gelatina} (g)	M _{agar-agar} (g)
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	0	0
6	0	0

Na Tabela 2 são mostrados os valores descodificados das variáveis independentes usadas no presente trabalho utilizando como estabilizantes a gelatina e o Agar-ágar.

Tabela 2. Valores descodificados das variáveis independentes.

Variável independente	-1	0	+1
M _{gelatina} (g)	1	2	3
M _{Agar-Agar} (g)	1	2	3

2.1 Preparação das Espumas

A preparação das espumas seguiu a mesma metodologia descrita por Silva et al (2012) quando estudaram a estabilidade da espuma da goiaba (*Pisidium guajava* L.).

úmida. O pH, umidade inicial da polpa e da espuma e o teor de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A massa específica da polpa foi realizada pelo método de picnometria líquida.

2.3 Estudo da Estabilidade da Espuma

A avaliação da estabilidade da espuma foi obtida em cada ensaio de acordo com o planejamento experimental a partir da determinação da expansão da espuma (β), da estabilidade (ϵ) e da fração de volume drenado (θ). A expansão da espuma foi calculada a partir da Equação 1:

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

Onde:

β = expansão da espuma (%)

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

ρ_e = massa específica da espuma (g.cm^{-3})

A estabilidade da espuma consiste em avaliar o volume de líquido drenado, conforme técnica descrita por Karim e Chee Wai (1999). Foi montado um sistema composto por proveta de 10 mL, funil de haste longa de 70 mL e filtro de gaze. Após o preparo das formulações, as espumas eram adicionadas aos funis até preencherem completamente o volume (50 mL) 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. A estabilidade foi obtida a partir do inverso do volume drenado determinado pela Equação 2 ou pela fração de volume que se desprende da espuma no intervalo de tempo considerado pela Equação 3, neste caso, 5 minutos.

$$\varepsilon = \frac{1}{V_d} \quad (2)$$

$$\theta(\%) = \frac{V_d}{V_i} \times 100 \quad (3)$$

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 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora a polpa obtida apresente características peculiares em relação as suas propriedades a Tabela 3 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 3. Valores médios das propriedades da polpa de goiaba *in natura*.

Propriedade	Média
pH	3,53 ± 0,31
°Brix	8,06 ± 0,81
ρ_p (g.cm ⁻³)	1,03 ± 0,03
Teor de água (%b.u.)	89,49 ± 2,75

Comparando os resultados obtidos com os padrões de identidade e qualidade estabelecidos na Instrução Normativa n° 01, de 07 de janeiro de 2000 para polpa de goiaba (BRASIL, 2000), verificou-se conformidade com os limites mínimos estabelecidos para pH e sólidos solúveis (°Brix), que são de 3,5 e 7,0 °Brix, respectivamente.

O teor de água obtido corrobora com o valor médio (86,7%) encontrado por Queiroz *et al.* (2008). O alto teor de água na polpa requer o uso de tecnologias de conservação a fim de minimizar o crescimento microbiano e reações enzimáticas.

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 4 apresenta os resultados experimentais obtidos na temperatura ambiente dos parâmetros usados para verificar o comportamento das espumas obtidas de acordo com sua estabilidade.

Observa-se na Tabela 4 que a massa específica da espuma (ρ_{espuma}), estabilidade (ϵ) e a fração de volume drenado (θ) apresentaram menores valores para a condição de menor concentração de ambos os aditivos, representada no ensaio 1. 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 (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.

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). Por outro lado, para o ensaio 2 observou-se um comportamento contrário, ou seja, a primeira gota desprendeu-se em um tempo muito curto de aproximadamente 26,6 minutos .

Em concentrações maiores observou-se que a 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), 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. A gelatina é ativada principalmente na presença de temperatura formando uma película que dará certamente estabilidade as espumas, mas por outro lado dificultará a secagem das mesmas, obtendo-se um produto provavelmente com aspecto de aglomerado.

Tabela 4. Resultados experimentais obtidos com estabilizante Gelatina e Agar-Agar combinados.

Ensaio	M_{gelatina} (g)	$M_{\text{Agar-Agar}}$ (g)	ρ_{espuma} (g. cm^{-3})	θ (%)	Tqpg (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

3.1 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 2, 3, 4, 5 e 6 mostram dos 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).

Na Figura 2, podemos 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, observamos que os efeitos da mistura destes dos aditivos e da

gelatina apresentam um efeito negativo sugerindo que quanto menor a quantidade utilizada maior a massa específica da espuma.

Na Figura 3, observamos no diagrama de Pareto para a variável resposta fração de volume drenado mais uma vez que o efeito de interação se apresenta 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.

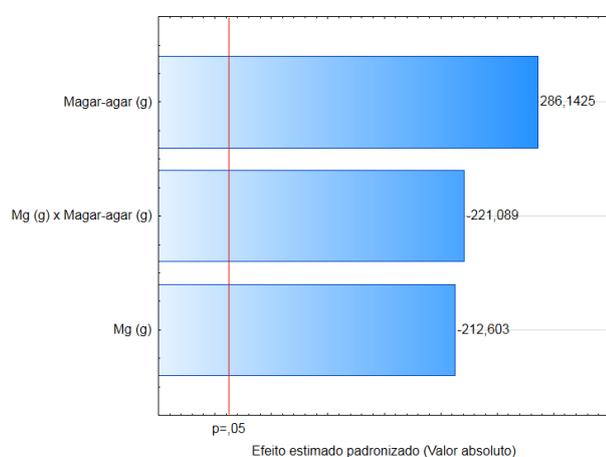


Figura 2. Diagrama de Pareto para variável resposta massa específica.

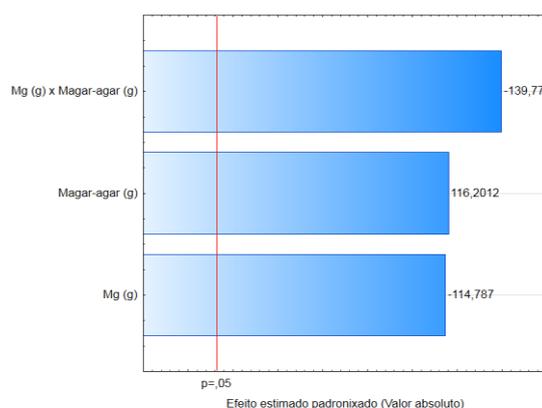


Figura 3. Diagrama de Pareto para variável resposta fração de volume drenado.

A Figura 4 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 resposta 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 do mesmo 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 poderemos trabalhar com quantidades menores e reduzir custo no processo final do produto.

A Figura 5 representa o diagrama de Pareto para variável resposta estabilidade observa-se mais uma vez que o uso combinado dos dois aditivos se apresenta 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 da literatura 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.

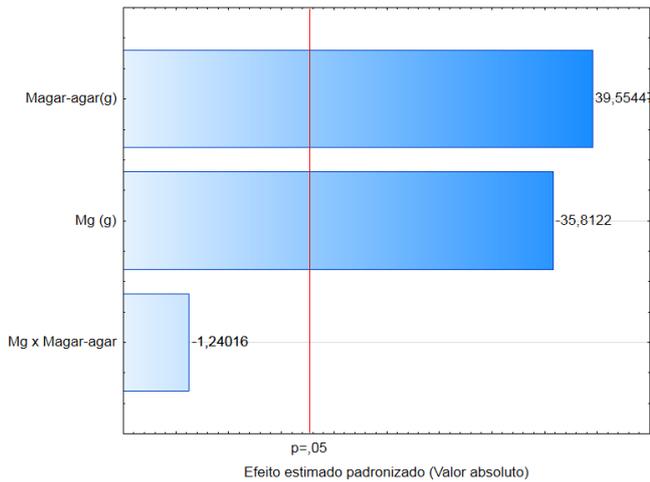


Figura 4. Diagrama de Pareto para variável resposta tempo de queda da primeira gota.

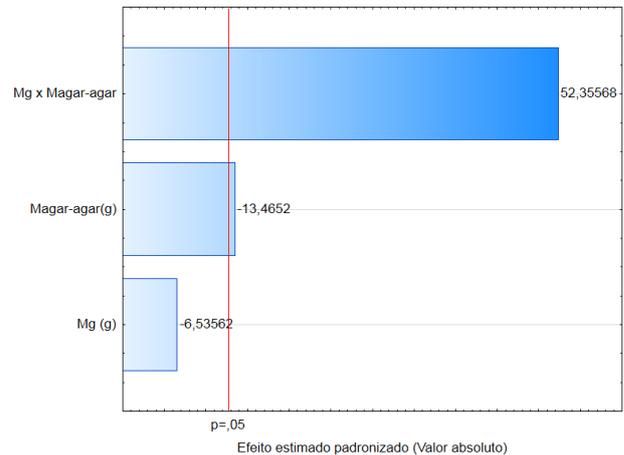


Figura 5. Diagrama de Pareto para variável resposta estabilidade

Na Figura 6 observa-se que o uso do aditivo Agar-agar apresenta efeito negativo sobre esta variável resposta podemos dizer que o aumento da massa deste estabilizante diminui a expansão da espuma.

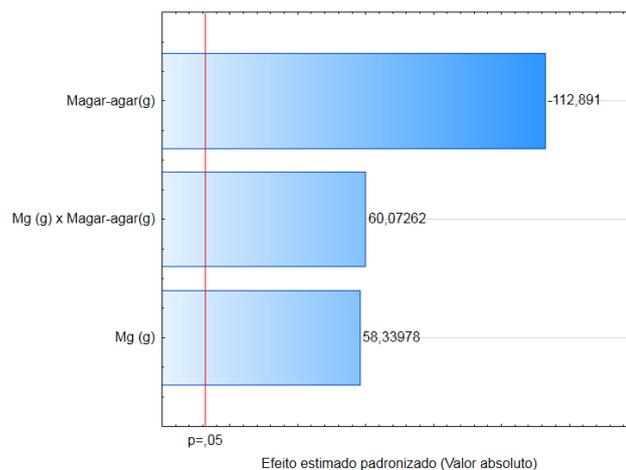
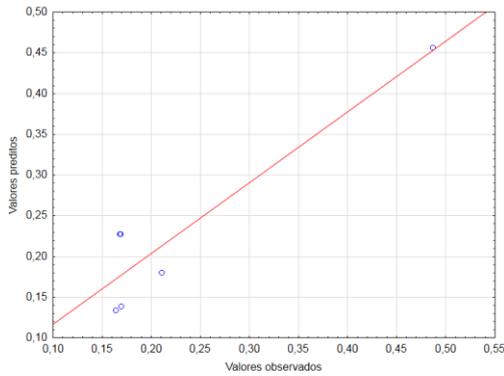
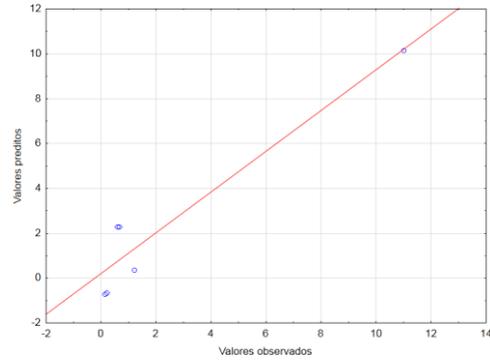


Figura 6. Diagrama de Pareto para variável resposta expansão da espuma.

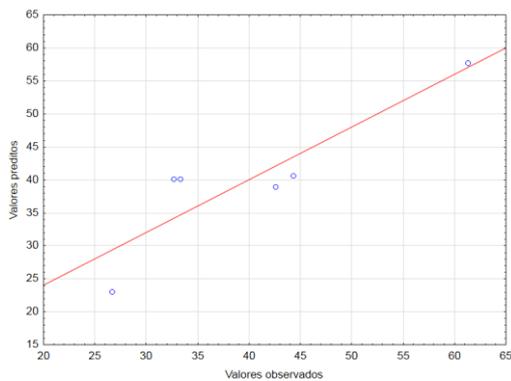
As Figuras 7 (a), (b), (c), (d) e (e) apresentam o diagrama de dispersão entre os valores preditos e valores observados para as variáveis respostas massa específica da espuma, fração de volume drenado, tempo de queda da primeira gota, estabilidade da espuma e expansão da espuma. Verificou-se a partir destes gráficos uma grande dispersão dos valores pressupondo que o modelo linear proposto inicialmente para avaliação não seja satisfatório, sendo necessário expandir a matriz.



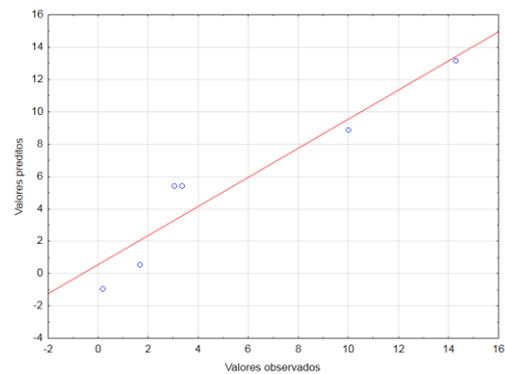
(a)



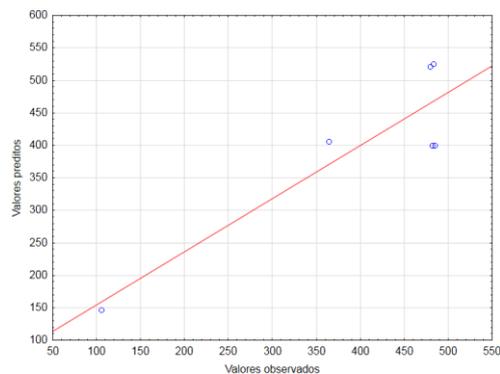
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 7. 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 5. Verifica-se que o modelo com curvatura apresenta um R^2 bem melhor que o previsto pelo modelo linear.

Tabela 5. 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

4 CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados podemos 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 podemos dizer que o uso combinado destes aditivos contribui de maneira geral para a melhoria das espumas formadas e provavelmente ajudando 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.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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.

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.

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 2015.)

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.

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 leito de espuma. / Ellen Godinho Pinto. – Itapetinga, BA: UESB, 2009. 65p.

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.

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.

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