

WELLITON FAGNER DA CRUZ

**OBTENÇÃO DE POLPA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) EM PÓ PELO
MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C957o
2013

Cruz, Welliton Fagner da, 1989-

Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma / Welliton Fagner da Cruz. – Viçosa, MG, 2013.
xiii, 78f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Afonso Mota Ramos

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 60-71

1. Secagem. 2. Alimentos desidratação. 3. Polpa de fruta.
4. Goiaba. 5. Carotenóides. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
II. Título.

CDD 22. ed. 664.02842

WELLITON FAGNER DA CRUZ

**OBTENÇÃO DE POLPA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) EM PÓ PELO
MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

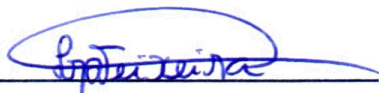
Aprovada: 18 de fevereiro de 2013.



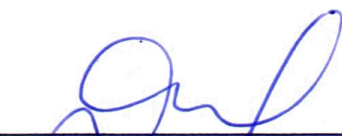
Edimar Aparecida Filomeno Fontes
(Coorientadora)



Ellen Silva Lago Vanzela
(Coorientadora)



Luciano José Quintão Teixeira



Afonso Mota Ramos
(Orientador)

Dedico este trabalho a **Deus** e aos meus pais, **Airton** e **Maria Aparecida**, a quem devo tudo. Aos meus irmãos **Amanda** e **Breno**. À **Kamila** por todo o apoio ao longo da caminhada. O máximo de palavras possíveis ainda se mostram insuficientes para expressar a minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida e presença constante, por iluminar meus caminhos me dando forças para seguir adiante.

A toda minha família, especialmente aos meus pais **Airton** e **Maria Aparecida** e aos meus irmãos **Amanda** e **Breno**.

A **Kamila** pelo carinho, cumplicidade e incentivo, principalmente nos momentos mais difíceis, e pela paciência.

A **Universidade Federal de Viçosa** pelo acolhimento e pela oportunidade concedida para a realização deste curso e ao **CNPq** pelo auxílio financeiro.

Ao professor **Afonso Mota Ramos**, pela orientação e confiança em mim depositada, pelos valiosos conhecimentos compartilhados e pela amizade.

A professora **Edimar Aparecida Filomeno Fontes** pela coorientação neste trabalho, pelos conselhos, amizade e, sobretudo, pelo auxílio nas análises estatísticas.

A professora **Ellen Silva Lago Vanzela** pela coorientação, amizade e pela indispensável contribuição para este trabalho.

Aos **professores** do Departamento de Tecnologia de Alimentos pelos valiosos ensinamentos, convívio e amizade.

Aos **funcionários** do Departamento de Tecnologia de Alimentos por possibilitarem a realização desta conquista, sobretudo aos funcionários da planta piloto: José Raimundo, José Geraldo e Simeão, e ao “Perereca” pelo auxílio no decorrer da execução deste trabalho.

A estagiária **Marina** pela ajuda e fundamental contribuição no desenvolvimento do experimento.

Aos “**Vitaminados**”: Ceres, Leandro, Tibério, Galdino e Carlos pela ajuda nas análises de vitaminas e a Prof^a. Helena Maria Pinheiro Sant’Ana pelos ensinamentos e conselhos.

Aos **colegas do DTA/UFV** e do Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças pelo convívio, conselhos e cumplicidade.

Ao professor **Luciano José Quintão Teixeira** pela participação e contribuição na banca avaliadora.

Meus sinceros agradecimentos!!

BIOGRAFIA

Welliton Fagner da Cruz, filho de Airton Cezar da Cruz e Maria Aparecida Lopes de Faria, nasceu em Viçosa-MG em 27 de junho de 1989.

No ano de 2006 formou-se nos cursos Técnico em Informática e Técnico em Agroindústria pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba-MG, atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas, Campus Rio Pomba (IF-Sudeste-MG). No ano seguinte, iniciou o bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela mesma instituição, concluindo em fevereiro de 2011.

Em março de 2011 iniciou o curso de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de dissertação em 18 fevereiro de 2013.

RESUMO

CRUZ, Welliton Fagner da, *M. Sc.*, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma.** Orientador: Afonso Mota Ramos. Coorientadoras: Edimar Aparecida Filomeno Fontes e Ellen Silva Lago Vanzela.

A secagem em camada de espuma é uma das técnicas que vem sendo recentemente aplicada para obtenção de polpa de fruta em pó, tendo as condições de processamento (temperatura de secagem, tipo e concentração de estabilizantes) como os principais fatores que influenciam na qualidade dos produtos obtidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o método de secagem em camada de espuma para obtenção de polpa de goiaba em pó. Formulações compostas de polpa de goiaba e emulsificante nas concentrações 0 % (controle); 2,5 %; 5 %; 7,5 % e 10 % (m/m) foram avaliadas quanto ao percentual de expansão, densidade, capacidade de incorporação de ar, características microscópicas e estabilidade após formação de espumas, sendo selecionadas as formulações contendo 2,5 % e 5 % de emulsificante devido suas melhores características de incorporação de ar, densidade e estabilidade. As espumas produzidas a partir dessas duas formulações selecionadas foram dispostas em bandejas de alumínio de formato circular e desidratadas em secador de bandejas com circulação de ar nas temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C até massa constante. O material seco foi desintegrado, sendo realizada sua caracterização morfológica, avaliação da solubilidade e análises físico-químicas de teor de água, atividade de água, pH, acidez titulável, vitamina C, licopeno, β -caroteno e cor (L^* , a^* , b^* , h^* e C^*) logo após a secagem. Além disso, foram preparados refrescos a partir das polpas de goiaba em pó reconstituídas obtidas das formulações que apresentaram maior retenção de vitaminas para avaliação da aceitação sensorial. Após secagem, verificou-se que a temperatura de 70°C foi a que proporcionou maior retenção de vitamina C, licopeno e β -caroteno na polpa de goiaba em pó. Não houve efeito da concentração de emulsificante ($p>0,05$) sobre os atributos aroma, sabor, cor e impressão global dos refrescos de goiaba, cuja aceitação sensorial variou

entre desgostei ligeiramente (nota 4) e gostei ligeiramente (nota 6). Conclui-se que a secagem a 70°C de polpa de goiaba contendo 2,5 % de emulsificante mostrou-se como o melhor tratamento para obtenção de polpa de goiaba em pó através do método de secagem em camada de espuma.

ABSTRACT

CRUZ, Welliton Fagner da, *M. Sc.*, Universidade Federal de Viçosa, February, 2013. **Obtaining guava pulp powder by the foammat drying method.** Adviser: Afonso Mota Ramos. Co-advisers: Edimar Aparecida Filomeno Fontes and Ellen Silva Lago Vanzela.

The foammat drying is a technique that has been recently applied to obtain fruit pulp powder, and processing conditions (drying temperature, type and concentration of stabilizers) as the main factors that influence the quality of products obtained. The aim of this study was to evaluate the method of foammat drying to obtain guava pulp powder. Formulations comprised of guava pulp and emulsifier concentrations 0 % (control), 2.5 %, 5 %, 7.5 % and 10 % (m / m) were evaluated for percent expansion, density, capacity to incorporate air and foaming stability after foaming, and selected those that showed the best results. The foams produced from the formulations selected were placed in aluminum trays toroidal and dried in tray drier with air circulation at temperatures of 60°C, 70°C and 80°C to constant weight. The dried material was disintegrated, and held their characterization, evaluation of solubility and physical-chemical analysis of water content, water activity, pH, titratable acidity, vitamin C, lycopene, β -carotene and color (L^* , a^* , b^* , C^* and h^*) after drying. Moreover, refreshments were prepared from guava pulp obtained from reconstituted powder formulations with higher retention of vitamins for evaluation of sensory acceptance. The formulations containing 2.5% and 5% of emulsifier were selected and used for dehydration of the foams because of their better characteristics incorporation of air, density and stability. After drying, it was found that the temperature was 70°C which provided a greater retention of vitamin C, lycopene and β -carotene in guava pulp powder. No effect of emulsifier concentration on the attributes aroma, flavor, color and overall impression of refreshments guava, whose sensory acceptance ranged from slightly disliked (note 4) and liked slightly (note 6). It is concluded that drying at 70°C of guava pulp containing 2.5 % emulsifier proved to be the best treatment for obtaining guava pulp powder through the drying method in the foam layer since no significant difference between the properties of the pulp powder assessed for samples containing 5 % emulsifier.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da polpa de goiaba vermelha (<i>Psidium guajava</i>).....	11
Tabela 2. Condições utilizadas para secagem em camada de espuma descritas em trabalhos encontrados na literatura.....	18
Tabela 3. Características físicas e químicas em polpa de goiaba <i>in natura</i>	32
Tabela 4. Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade da polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante em diferentes temperaturas de secagem.....	45
Tabela 5. Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante.....	46
Tabela 6. Valores médios ($n=3$) e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, na polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante em diferentes temperaturas de secagem.....	50
Tabela 7. Valores médios e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante.....	52
Tabela 8. Valores médios e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, na polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando diferentes temperaturas de secagem.....	53
Tabela 1A. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) da densidade, percentual de expansão e <i>over run</i> de espumas de polpa de goiaba.....	73
Tabela 2A. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) da estabilidade de espumas de polpa de goiaba ao longo do tempo.....	74

Tabela 3A. Resumo da Análise de Regressão da estabilidade de espumas de polpa de goiaba ao longo do tempo.....	74
Tabela 4A. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) para as variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), vitamina C, licopeno, β -caroteno, coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade de polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma.....	75
Tabela 5A. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) dos atributos aroma, sabor, cor e impressão global dos refrescos de goiaba preparado a partir de polpa de goiaba em pó reconstituída.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A goiabeira e seus frutos.....	04
Figura 2. Representação da reação de oxidação do ácido ascórbico com posterior formação de pigmentos escuros.....	07
Figura 3. Estrutura química do licopeno.....	08
Figura 4. Estrutura química do β -caroteno.....	09
Figura 5. Estrutura química da pectina (ácido poligalacturônico).....	10
Figura 6. Curva de secagem.....	14
Figura 7. Ficha utilizada no teste de aceitação sensorial.....	31
Figura 8. Polpa de goiaba sem emulsificante (a) e espuma de polpa de goiaba com 10 % de emulsificante (b).....	34
Figura 9. Variação da densidade de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.....	35
Figura 10. Variação do percentual de expansão de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.....	36
Figura 11. Variação do percentual de incorporação de ar (<i>Over run</i>) de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.....	37
Figura 12. Estabilidade de espumas de polpa de goiaba com emulsificante...38	
Figura 13. Fotomicrografias de varredura confocal a laser de polpa de goiaba <i>in natura</i> e espumas contendo polpa de goiaba e emulsificante em diferentes concentrações.....	41
Figura 14. Perda de massa de polpa de goiaba adicionada de emulsificante durante secagem em camada de espuma em diferentes temperaturas.....	42
Figura 15. Formação de crosta (a) e desprendimento (b) da espuma de polpa de goiaba contendo 2,5 % de emulsificante após secagem em camada de espuma	43

Figura 16. Desintegração da polpa de goiaba em pó, contendo 2,5 % (a) e 5 % (b) de emulsificante, respectivamente, obtidas por secagem em camada de espuma.....	44
Figura 17. Polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma a 60°C.....	48
Figura 18. Fotomicrografias (MEV) de polpas de goiaba em pó obtidas por secagem em camada de espuma. Tratamentos: Temperatura (concentração de emulsificante), (a) 60°C (2,5 %), (b) 60°C (5 %), (c) 70°C (2,5 %), (d) 80°C (5 %), (e) 80°C (2,5 %), (d) 80°C (5 %).....	54
Figura 19. Refresco preparado a partir de polpa de goiaba em pó reconstituída utilizado no teste de aceitação sensorial.....	55
Figura 20. Histogramas da aceitação sensorial de refrescos de goiaba contendo 2,5 % (a) e 5,0 % (b) de emulsificante, em relação à frequência dos valores hedônicos atribuídos ao aroma, sabor, cor e impressão global.....	57
Figura 21. Fluxograma de obtenção de polpa de goiaba em pó por secagem em camada de espuma.....	59
Figura 1A. Cromatogramas da análise (CLAE) de ácido ascórbico em (a) goiaba <i>in natura</i> e em (b) goiaba em pó.....	72
Figura 2A. Cromatogramas da análise (CLAE) de licopeno e β -caroteno em (a) goiaba <i>in natura</i> e em (b) goiaba em pó.....	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Goiaba.....	4
3.1.1. Produção e consumo.....	4
3.1.2. Componentes nutritivos com alegação funcional	6
3.1.3. Polpa de goiaba.....	11
3.2. Secagem de alimentos	13
3.2.1. Secagem em camada de espuma.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Local do experimento	22
4.2. Delineamento experimental.....	22
4.3. Obtenção da matéria-prima.....	22
4.4. Caracterização da matéria-prima	23
4.4.1. Teor de água	23
4.4.2. Atividade de água (A_w)	23
4.4.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	23
4.4.4. Teor de sólidos solúveis totais.....	23
4.4.5. Acidez total titulável.....	23
4.4.6. Determinação de vitamina C (ácido ascórbico)	24
4.4.7. Determinação de carotenoides (licopeno e β -caroteno)	25
4.4.8. Análise objetiva da cor	26
4.5. Emulsificante	27
4.6. Seleção das concentrações do emulsificante.....	27
4.6.1. Densidade e percentual de expansão	27
4.6.2. Capacidade de incorporação de ar (<i>Over run</i>)	28
4.6.3. Avaliação da estabilidade da espuma	28
4.6.4. Caracterização morfológica das espumas.....	28
4.7. Obtenção e caracterização da polpa em pó	28

4.7.1. Preparo das espumas	28
4.7.2. Secagem em camada de espuma e obtenção do pó	29
4.7.3. Propriedades físico-químicas das polpas em pó	29
4.7.4. Solubilidade	29
4.7.5. Caracterização morfológica da polpa em pó	30
4.8. Aplicação industrial e aceitabilidade da polpa em pó	30
4.8.1. Refresco de goiaba	30
4.8.2. Aceitação sensorial	30
4.9. Análise estatística.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Caracterização física e química da polpa de goiaba <i>in natura</i>	32
5.2. Caracterização das espumas	34
5.2.1. Seleção das concentrações de emulsificante.....	34
5.2.2. Análise microscópica.....	39
5.3. Secagem em camada de espuma e obtenção da polpa em pó.....	42
5.4. Caracterização da polpa de goiaba em pó	44
5.4.1. Propriedades físicas, químicas e solubilidade.....	44
5.4.2. Efeito do processo sobre a retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C	49
5.4.3. Análise microscópica.....	53
5.5. Teste de aceitabilidade de refresco de goiaba	55
5.6. Fluxograma de obtenção de polpa de goiaba em pó por secagem em camada de espuma.....	58
6. CONCLUSÃO	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE	72
ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma fruteira de importância para as regiões subtropicais e tropicais, muito conhecida pela capacidade de crescimento e produção de frutos em diferentes locais do mundo (RAMOS et al., 2010). Devido ao seu valor nutritivo, mas também pela excelente aceitação para o consumo *in natura* e ampla aplicação industrial, o consumo da goiaba tem aumentado na forma de polpa, sucos e produtos derivados (SOUZA, 2003). Entretanto, devido a sua perecibilidade, a rápida comercialização ou processamento pós-colheita fazem-se necessários (QUEIROZ et al., 2008).

Dentre os métodos de conservação de alimentos, a secagem é uma das tecnologias pós-colheita amplamente utilizada para superar os problemas relacionados com a superprodução / excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (CHONG; LAW, 2011). A secagem pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maioria da água normalmente presente em um alimento. Apresenta como principal objetivo o prolongamento da vida de prateleira dos alimentos pela redução da atividade de água. Para tanto, diferentes técnicas de secagem podem ser aplicadas para reduzir a atividade de água e, assim, atingir o objetivo de conservação.

Com a crescente preferência dos consumidores por produtos naturais, as frutas ou hortaliças desidratadas têm desempenhado um papel importante no sentido de satisfazer esta necessidade. Frutas desidratadas, em particular, têm sido utilizadas de forma bastante versátil na fabricação de bebidas, sorvetes, produtos de padaria, doces, laticínios, etc. (BASTOS et al., 2005; RAJKUMAR et al., 2007b), tendo em vista que a remoção de água de tais produtos pode reduzir significativamente os custos de certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenamento e conservação (COSTA; MEDEIROS; MATA, 2003).

Nas últimas décadas, muitos estudos foram realizados em relação à desidratação de frutas e polpas de frutas (PEREIRA; CARMELLO-GUERREIRO; HUBINGER, 2009; MOSQUERA; MORAGA; MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2010; OSÓRIO; CARRIAZO; BARBOSA, 2011), voltados principalmente no sentido de aumentar a retenção das propriedades nutritivas e

sensoriais do produto mediante alterações dos processos já existentes ou aplicação de novas técnicas. Dentre elas, destaca-se o método *foammat drying*, que no Brasil também é denominado por *foammat*, secagem em leito de espuma ou secagem em camada de espuma.

Este método, assim como a liofilização, é muito utilizado para secagem de alimentos sensíveis ao calor. Embora tenha sido desenvolvido para promover rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos, vem sendo muito utilizado para alimentos pastosos como purês e polpas de frutas (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011). Seu processo consiste, basicamente, de três etapas: transformação do suco ou da polpa em espuma estável através da utilização de aditivos (emulsificantes, estabilizantes, espessantes); desidratação do material em camada fina até massa constante e desintegração da massa seca em escamas e, posteriormente, em pó (FURTADO et al., 2010). Tendo em vista que este processo mantém alta qualidade dos produtos e oferece grandes possibilidades comerciais, acredita-se que pode ser uma alternativa viável para a produção de polpa de goiaba desidratada de qualidade superior aos obtidos por outros métodos de secagem convectiva.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Aplicar e avaliar o método de secagem em camada de espuma na obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa de goiaba *in natura* por meio de análises microscópicas, físico-químicas e de cor, determinação dos teores de vitamina C, licopeno e β -caroteno;
- Selecionar duas concentrações do emulsificante a ser adicionado à polpa de goiaba com base nos resultados obtidos nas análises de densidade, expansão, capacidade de incorporação de ar, estabilidade e análise microscópica das espumas;
- Determinar o efeito da temperatura de secagem e das diferentes concentrações de emulsificante selecionadas anteriormente sobre as características microscópicas, propriedades físico-químicas, teores de vitamina C, licopeno e β -caroteno, coordenadas de cor e solubilidade das polpas em pó após a secagem;
- Avaliar a aceitação sensorial de refresco de goiaba produzido a partir da polpa em pó reconstituída obtida da formulação (emulsificante x temperatura de secagem) que apresentar os melhores resultados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Goiaba

3.1.1. Produção e consumo

Goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma fruta tropical nativa da América, que se espalhou para diversos países de áreas tropicais e subtropicais do mundo, devido a sua ampla aceitação para consumo *in natura* (OSÓRIO; CARRIAZO; BARBOSA, 2011), pela capacidade de desenvolvimento em condições adversas e grande aplicação industrial (SILVA et al., 2010). A goiabeira (**Figura 1a**) é um arbusto de pequeno porte, que pode atingir de 3 a 6 metros de altura, com casca lisa, delgada, que se desprende em lâminas. As folhas (**Figura 1b**) são opostas, tem formato elíptico e caem após a maturação. Seus frutos (**Figura 1c**) são bagas com tamanho, forma e coloração de polpa variável (branca ou vermelha) em função da cultivar, que apresentam internamente um mesocarpo de textura firme e quatro a cinco lóculos cheios por uma massa de consistência pastosa, onde estão numerosas sementes (NETO, 2003).



Figura 1 – A goiabeira e seus frutos. Fonte: Jacomino (2012).

No contexto da fruticultura brasileira, a goiaba é uma fruta considerada muito importante, pois seu consumo tanto na forma *in natura* como industrializada encontra-se em expansão. Isto se deve, em grande parte, a grande divulgação de suas qualidades nutricionais, sensoriais e biofuncionais, as quais se pode destacar o alto teor de vitamina C, fibra dietética, compostos antioxidantes e seu intenso e agradável aroma (OSÓRIO; CARRIAZO; BARBOSA, 2011). Além do mais, o processamento da goiaba permite várias formas de aproveitamento como goiabada, geleia, polpa, fruta em calda, purê, alimentos para crianças, base para bebidas, refrescos, sucos e xaropes (RAMOS et al., 2010).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), no ano de 2010, a produção brasileira de goiaba foi de 316.363 toneladas, tendo um total de 15.677 hectares de área colhida. Neste mesmo ano, o volume total de goiaba exportada foi de 147.348 Kg, o que representou um total de US\$ 326.364 (KIST et al., 2012).

A produção de goiaba em escala industrial iniciou-se no Brasil na década de 1970, cultivada em grandes pomares localizados principalmente no estado de São Paulo. Considerando que a maioria da produção de frutos de goiabeira concentra-se no período de janeiro a março e a importância do aproveitamento dos excedentes de produção (BRUNINI; OLIVEIRA; VARANDA, 2003), a partir da segunda metade da década de 1990, o mercado da goiaba para indústria sofreu uma grande transformação. As tradicionais grandes indústrias processadoras de goiaba deixaram São Paulo para se instalarem em outros estados com o intuito de atender, além da demanda para o consumo *in natura*, às indústrias de processamento, como ocorreu na região da Zona da Mata Mineira na última década (SOUZA, 2003).

Atualmente, este segmento é formado por um grande número de pequenas e médias indústrias, na maioria das vezes exclusivas de goiaba, que fazem o processamento primário da fruta na forma de polpa (13º Brix). As polpas são normalmente comercializadas para consumo direto ou adquiridas por grandes indústrias como matéria-prima para a elaboração de sucos, néctares e doces (CEAGESP, 2012).

3.1.2. Componentes nutritivos com alegação funcional

A relação entre alimentação e saúde nunca foi tão estreita quanto nos dias de hoje. Inúmeros fatores afetam a qualidade da vida moderna e a população vem se conscientizando da importância dos alimentos na promoção de uma vida saudável. Nesse contexto, novas demandas e o surgimento de novos produtos no mercado, fizeram com que se tornasse imperativo para os produtores o desenvolvimento de alimentos que além da função nutricional, promovam outros benefícios adicionais à saúde.

A goiaba se destaca por seu elevado valor nutritivo, sendo uma das melhores fontes de vitamina C (ácido ascórbico), licopeno, potássio, cobre e fibras (QUEIROZ et al., 2008).

Segundo Evangelista e Vieites (2006), o conteúdo de vitamina C em goiabas pode variar de 55 mg a 1044 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa em função da cultivar, região e manejo. Este elevado teor de vitamina C faz com que a goiaba seja potente no combate a radicais livres e a oxidação, que são causadores de várias doenças degenerativas. Isto ocorre porque as moléculas do ácido ascórbico sofrem oxidação antes que outras moléculas se oxidem, impedindo e protegendo essas outras moléculas da oxidação. Entretanto, esta vitamina é reconhecida como sendo um dos nutrientes em alimentos mais sensíveis ao calor, além de perder suas propriedades na presença de ar, água ou luz.

Durante a secagem, três eventos simultâneos ocorrem: as moléculas componentes do alimento são aproximadas, aumentando a probabilidade de interação entre elas; a remoção de água do alimento acarreta a formação de microcapilares no produto, facilitando o acesso físico do oxigênio atmosférico; e a sensibilidade química dos componentes do alimento aumenta, devido a remoção da água de hidratação protetora dos sítios reativos das moléculas nos alimentos. A reação é acelerada por íons metálicos (Cu^{++} e Fe^{3+}), e em produtos com baixo teor de água as perdas ocorrem em função da baixa atividade de água. Na ausência de catalisadores, o ácido ascórbico reage lentamente com o oxigênio (ARAÚJO, 2011). Devido a estas características, a vitamina C é algumas vezes utilizada como um marcador da perda de outros nutrientes.

O ácido ascórbico possui um grupo carbonila que dá origem ao ácido dehidroascórbico no início da reação. De acordo com Oetterer (2004), este ácido pode ser hidrolisado a ácido 2,3 dicetogulônico e formar hidroximetilfurfural ou furfural em alguns produtos desidratados, levando a formação de pigmentos responsáveis pelo escurecimento (**Figura 2**).

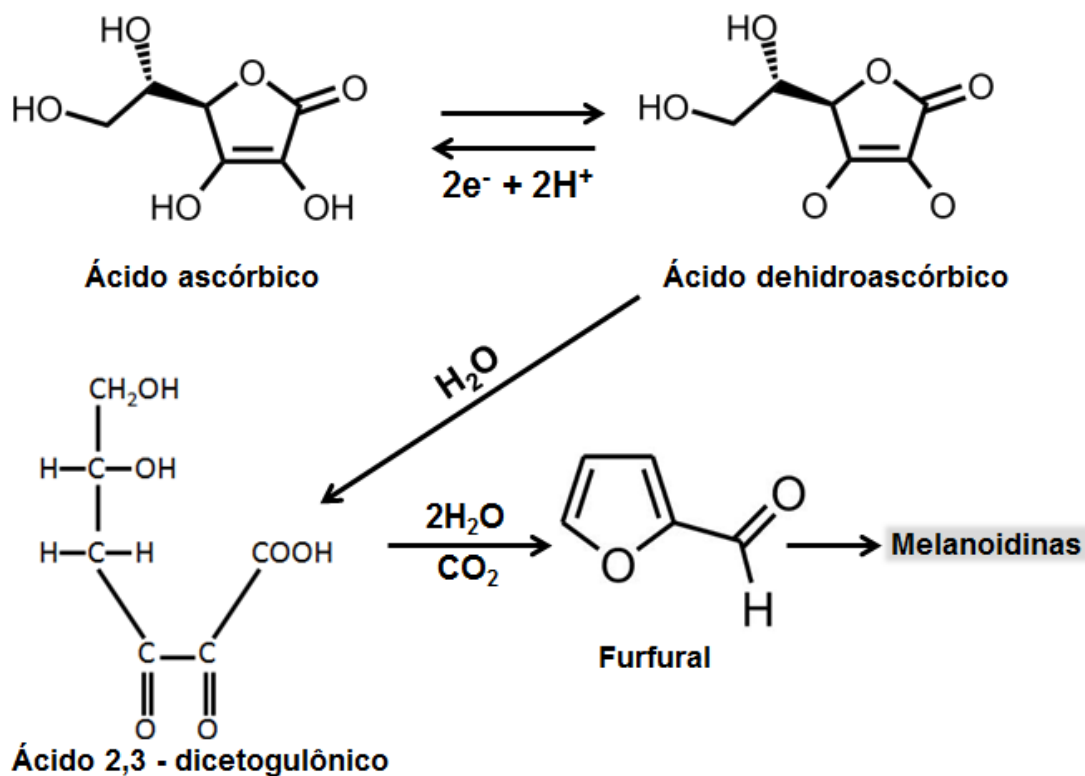


Figura 2 – Representação da reação de oxidação do ácido ascórbico com posterior formação de pigmentos escuros.

Já o licopeno, carotenoide responsável pela cor vermelha em alimentos e que apresenta grande potencial antioxidante está presente na goiaba vermelha brasileira em elevados níveis. De acordo com Agarwal e Rao (2000), o licopeno é um dos antioxidantes mais potentes, com uma capacidade de eliminação do oxigênio singlete duas vezes mais elevada do que a de β -caroteno e 10 vezes maior do que a de α -tocoferol, sendo o mais predominante carotenoide no plasma humano. Ainda segundo os autores, há uma hipótese de que este carotenoide possa evitar processos de carcinogênese e aterogênese por proteger biomoléculas celulares, incluindo lipídeos, lipoproteínas e DNA.

A elevada atividade antioxidante de licopeno resulta a partir da sua estrutura de polieno, com 11 ligações duplas conjugadas (**Figura 3**), sendo a

principal razão para este efeito relacionado com a saúde. No entanto, alguns mecanismos não-oxidantes, como os de indução da comunicação célula-célula e supressão da proliferação celular também contribuem para os efeitos na saúde relacionados ao licopeno (KNOCKAERT et al., 2012).

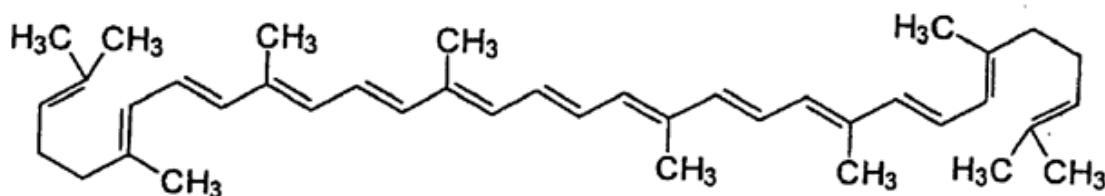


Figura 3 – Estrutura química do licopeno.

Há pouco tempo, o alimento citado como fonte de licopeno era o tomate (1,5 a 5,5 mg/ 100g), contudo, a goiaba vermelha pode oferecer quantidades maiores do que aquelas observadas no tomate (4 a 5 mg de licopeno/100 g de goiaba madura) (WILBERG e RODRÍGUEZ-AMAYA, 1995; NETO, 2003). Um único fruto de cerca de 150 g é capaz de suprir 100 % da ingestão diária recomendada de vitamina C e de licopeno (QUEIROZ et al., 2008). No entanto, o sistema de ligações duplas conjugadas faz com que o licopeno seja susceptível às reações de isomerização e oxidação. A oxidação é indesejável porque leva o licopeno a degradação e uma concomitante perda das suas propriedades relacionadas à saúde (RODRIGUEZ-AMAYA e KIMURA, 2004). Além disso, a biodisponibilidade, isomerização, bem como a concentração de licopeno total também podem ser afetadas pelo processamento térmico (KNOCKAERT et al., 2012), variando de acordo com o tipo e duração do tratamento, temperatura e presença de oxigênio e luz (GOULA e ADAMOPOULOS, 2005).

A goiaba contém também β -caroteno (0,37 – 1,19 mg /100 g), outro carotenoide importante e que apresenta atividade provitamina A (WILBERG e RODRÍGUEZ-AMAYA, 1995; OLIVEIRA et al., 2010), além de outros benefícios abundantemente descritos na literatura (RAO e RAO, 2007). Estudos epidemiológicos revelam que os carotenoides, especialmente o β -caroteno (**Figura 4**), auxiliam na prevenção de doenças cardiovasculares e na redução da oxidação do LDL-colesterol. Altos níveis de β -caroteno estão relacionados a

um risco reduzido de desenvolvimento de câncer de pulmão (FRASER e BRAMLEY, 2004).

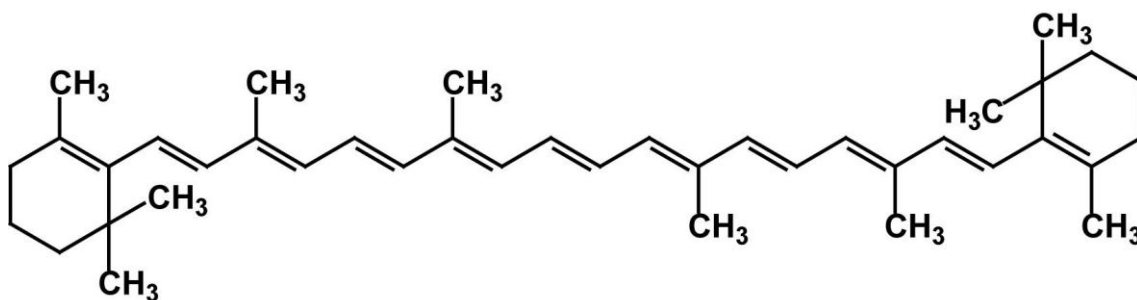


Figura 4 – Estrutura química do β -caroteno.

Em virtude de seu potencial antioxidante, acredita-se que o consumo de goiabas e alguns de seus derivados possa ajudar na redução do risco de alguns tipos de câncer. Além disso, o elevado teor de β -caroteno em goiaba, que atua como precursor da vitamina A, faz com que o consumo desta fruta desempenhe um papel importante na manutenção da qualidade e da saúde dos olhos, pele, dentes, ossos e das membranas mucosas (KADAM; KAUSHIK; KUMAR, 2012).

Devido seu papel fundamental como um precursor da vitamina A, a estabilidade do licopeno e do β -caroteno durante o processamento de alimentos tem sido um assunto de intensa pesquisa (LAGO-VANZELA et al., 2013). Em relação aos produtos desidratados, Padula e Rodriguez-Amaya (1986) relataram que a quantidade de água é crítica na estabilidade dos carotenoides. O decréscimo do teor de água tende a estabilizar os carotenoides até um valor limite, a partir do qual a estabilidade decresce rapidamente, isso ocorre porque o baixo teor de água presente no alimento desidratado age como barreira para o oxigênio, aumentando assim a estabilidade dos pigmentos à oxidação.

Além disso, a goiaba possui sabor agradável, alta palatabilidade e digestibilidade, bem como disponibilidade em abundância a preço moderado e suas sementes são ricas em ômega-3, ômega-6, ácidos graxos poli-insaturados, fibras dietéticas, riboflavina, bem como em proteínas e sais minerais (KADAM; KAUSHIK; KUMAR, 2012).

A fibra dietética, em particular, é composta de carboidratos complexos que auxiliam na digestão e facilitam os movimentos intestinais, além de

contribuir para manutenção da microbiota do cólon e remoção de resíduos e toxinas. O principal componente da fibra solúvel é a pectina (**Figura 5**), que é um polissacarídeo aniônico composto principalmente de monômeros de ácido D-galacturônico parcialmente esterificado unidos por ligações α -(1-4). A goiaba vermelha exibe um teor de pectina entre 1,04 e 1,74 g/100 g de massa fresca, podendo esta pectina ser de alto índice de metoxil, o que contribui para maior viscosidade de polpas ou sucos desta fruta (OSÓRIO; CARRIAZO; BARBOSA, 2011).

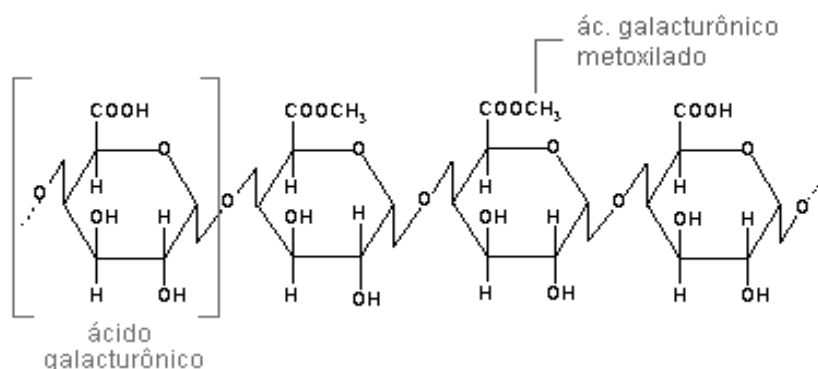


Figura 5 – Estrutura química da pectina (ácido poligalacturônico).

De acordo com Martínez et al. (2012), a fibra obtida a partir da goiaba representa um material de potencial uso como ingrediente na indústria de alimentos devido ao alto teor de fibra alimentar total e uma relação equilibrada entre fibra alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel, em si importante para os efeitos nutricionais de fibra. A fruta fresca, no entanto, tem vida útil limitada e, portanto, se faz necessária sua transformação em produtos diferentes a fim de aumentar a sua disponibilidade durante um período prolongado e estabilizar o preço durante a entressafra (KADAM; KAUSHIK; KUMAR, 2012).

Em virtude da grande variedade de frutas tropicais com sabores exóticos em nosso país, o comércio de polpa de frutas vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Isto se deve em grande parte pelo potencial deste produto em substituir perfeitamente a fruta *in natura* no preparo de sucos, néctares, doces, geleias, sorvetes, alimentos para crianças, entre outros. Além disso, apresenta a vantagem de estar disponível no mercado em período de entressafra da fruta (EVANGELISTA e VIEITES, 2006).

3.1.3. Polpa de goiaba

De acordo com a Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), polpa de fruta é definida como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível do fruto (BRASIL, 2000). Sua composição está apresentada na **Tabela 1**:

Tabela 1 – Composição da polpa de goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.):

Propriedade	Média*	Desvio padrão
Teor de água (g / 100g)	87,3	1,2
Atividade de água	0,985	0,008
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,5	0,1
pH	4,25	0,11
Proteínas (%)	0,8	0,1
Lipídeos (%)	0,0	-
Fibra bruta (%)	6,4	0,1
Pectina (%)	1,52	0,01
Carboidratos (%)	11,8	0,1
Minerais (%)	0,5	0,1
Cinzas (%)	0,5	0,1
Acidez (% de ácido cítrico)	0,48	0,01
Vitamina C (mg ácido ascórbico /100g)	118,7	0,1
Coordenadas de cor		
L*	59,41	0,01
a*	12,78	0,01
b*	21,31	0,05
C*	24,85	0,03
h*	59,05	0,02

Resultados médios de medições em triplicata e seus respectivos desvios padrões. Fonte: (OSÓRIO; FORERO; CARRIAZO, 2011).

O processamento de goiaba para obtenção de polpa é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta,

evitando desperdícios e minimizando as perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de permitir estender sua vida útil com manutenção da qualidade (EVANGELISTA e VIEITES, 2006). Vários cultivares têm sido selecionados para o cultivo comercial de goiaba e entre eles destacam-se Paluma, Ogawa, Kamagai (cultivares de casca lisa), Pedro Sato e Sassaoka (cultivares de casca rugosa). Para a industrialização, existe a preferência pela goiaba de polpa vermelha, ficando as de polpa branca, destinadas exclusivamente para o consumo de mesa.

De acordo com Vieira et al. (2007), os produtos alimentícios em pó, incluindo as polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria de alimentos, uma vez que eles reduzem significativamente os custos de certas operações como embalagens, transporte, armazenamento e, pela conservação, elevam o valor comercial do produto. Para obtenção destes produtos comumente emprega-se o processo de secagem. Este processo possibilita a introdução de novos produtos no mercado, com características próprias e cujas propriedades se mantêm por um tempo mais prolongado, viabilizando a regularização da oferta. Além disso, é possível melhorar o perfil do investimento na produção e no beneficiamento do material *in natura*, face aos benefícios que derivam da transformação do produto (FURTADO et al., 2010). No entanto, dependendo das condições de processo, a secagem pode comprometer a qualidade sensorial e nutricional dos produtos devido às alterações de cor e sabor, compactação e principalmente, perda de nutrientes.

Assim, é de grande interesse para a indústria e, principalmente, para o consumidor que a qualidade nutricional e características como sabor e odor sejam preservadas durante e posteriormente ao processo. Dessa forma, a escolha de um método de secagem adequado pode ser a chave para o sucesso da operação. Como resultado dos avanços tecnológicos na área de conservação de alimentos, o mercado tem disponibilizado uma variedade de produtos desidratados que apresentam grande diversificação e aplicação. Dentre as técnicas de secagem pode-se destacar a secagem convectiva, secagem em tambor, atomização, liofilização e a secagem em camada de espuma.

3.2. Secagem de alimentos

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 conseqüente redução da atividade microbiológica e minimização de algumas alterações físicas e químicas durante o armazenamento. Além disso, a massa e volume de alimentos desidratados são menores, o que facilita e diminui os custos de transporte e armazenamento.

Dentre os métodos existentes para desidratação de alimentos, a secagem é uma das técnicas mais amplamente utilizadas (VISHWANATHAN et al., 2010). Nesse tipo de procedimento, dois processos simultâneos podem ser observados: transferência de calor, através da vaporização do líquido, e transferência de massa do líquido ou vapor presente no interior do material para a atmosfera na forma de vapor (FELLOWS, 2006). Porém, o controle da secagem depende das condições internas de transferência de massa, das características do sólido ou das condições externas, tais como da velocidade e temperatura do ar de secagem (RAHMAN e PERERA, 2007).

Durante o processo de secagem, a temperatura e a umidade do ar de secagem são constantes e todo o calor é fornecido à superfície do alimento por convecção. Três etapas características podem ser observadas, denominadas período de indução/estabilização, período de taxa constante e período de taxa decrescente:

- *Período de indução/estabilização*: no começo o produto é geralmente mais frio do que o ar, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é baixa e, conseqüentemente, a transferência de massa e a velocidade de secagem também são baixas. O calor chegando em excesso acarreta em elevação da temperatura do produto e, por conseguinte, em um aumento de pressão e da velocidade de secagem (Ponto AB, **Figura 6**).

- *Período de taxa constante*: após a indução, inicia-se efetivamente a secagem e, enquanto a água se movimentar do interior do alimento na mesma taxa em que é evaporada da superfície, esta permanece úmida. Isto é, este período continua enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície. Esse período é conhecido como o período de taxa constante, que

continua até que um teor de umidade crítico seja alcançado (Ponto BC, **Figura 6**), quando ocorre então uma diminuição gradual na taxa de secagem. É bom ressaltar que para os materiais biológicos é difícil a existência deste período, pois as condições operacionais de secagem são tais que, as resistências de transferências de massa encontram-se essencialmente no interior do produto, fazendo com que a taxa de evaporação da superfície ao ambiente seja bem superior à taxa de reposição de umidade do interior à superfície do material (FELLOWS, 2006).

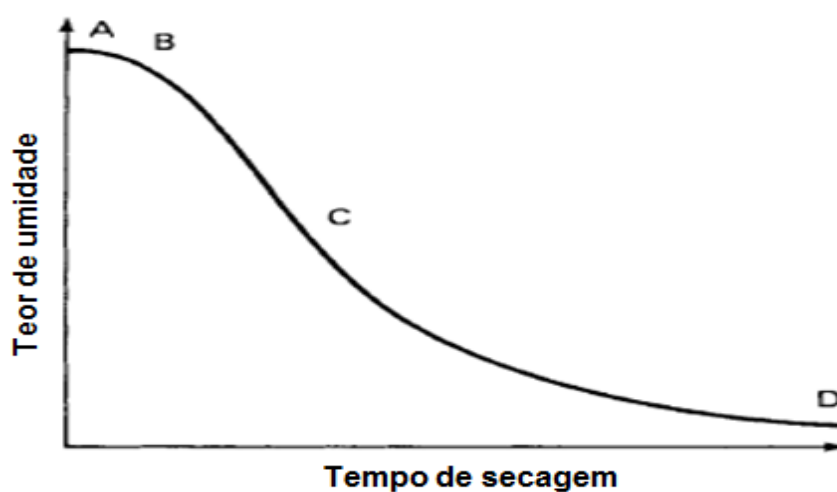


Figura 6 - Curva de secagem.

- *Período de taxa decrescente*: consiste no período de velocidade (taxa) decrescente de secagem. Desde o momento em que a água começa a ser deficiente na superfície, a velocidade de secagem diminui (Ponto CD, **Figura 6**). A troca de calor não é mais compensada e, conseqüentemente, a temperatura do produto aumenta e tende a se aproximar da temperatura do ar. A taxa de secagem decresce lentamente até se aproximar de zero no teor de umidade de equilíbrio. A maioria dos danos causados pelo calor no alimento pode, portanto, acontecer durante o período de taxa decrescente, sendo importante controlar a temperatura e o tempo de secagem, pois se a secagem continuar irá ocorrer perda de massa devido a queima de matéria seca (FELLOWS, 2006).

Em relação aos produtos em pó obtidos com o emprego de secagem, Rajkumar et al. (2007a) reportaram que os pós de polpas de frutas apresentam funcionalidade desejada e são estáveis ao longo de um maior tempo de

armazenamento, oferecendo várias vantagens sobre outras formas de transformação de produtos como polpas, sucos e concentrados devido às possibilidades de uso em formulações inovadoras. Por exemplo, pós de frutas podem ser usados como um substituto conveniente para sucos concentrados e como ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, alimentos para bebês, molhos, confeitos, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Por sua vez, estes produtos atendem à crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (CAPARINO et al., 2012).

Deve-se ressaltar que, dependendo das condições de processo, a secagem pode afetar prejudicialmente a estrutura do alimento, causando alteração na cor, como as reações de escurecimento enzimático e não enzimático (SILVA et al., 2005; LISBÔA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2012), além da perda de nutrientes devido à exposição do produto a altas temperaturas por um tempo longo. Dessa forma, surge cada vez mais a necessidade de substituir os métodos empíricos, tradicionalmente usados, por outros mais modernos baseados em dados objetivos resultantes de estudos experimentais, já que só desta forma os produtos obtidos poderão se tornar mais competitivos.

3.2.1. Secagem em camada de espuma

O método de secagem em camada de espuma (*foammat drying*) foi desenvolvido na década de 1950 por Morgan e sua equipe na Califórnia, EUA, e patenteada em 1961. É uma técnica que promove rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos de frutas e vem sendo muito utilizada também para alimentos pastosos como purês ou polpas de frutas (MARQUES, 2009). No Brasil, até o momento, o método é denominado também por *foammat*, secagem em leito de espuma e secagem em camada de espuma.

Nesse método, um concentrado líquido ou semilíquido sob a forma de uma espuma estabilizada (preparada pela adição de um estabilizador e um gás num misturador contínuo) é submetido à desidratação em uma fina camada de espuma (0,1 a 0,5 milímetros) (FURTADO et al., 2010) em temperaturas relativamente baixas (menor ou igual a 70°C) (SANKAT e CASTAIGNE, 2004), até um teor de umidade que impeça o crescimento de

micro-organismos e minimize reações químicas e/ou enzimáticas. O produto desidratado é moído e convertido em pó (KADAM et al., 2010).

No geral, a estrutura, a capacidade de expansão e a estabilidade da espuma desempenham um papel importante na circulação de água durante a secagem e, conseqüentemente, na qualidade do produto final (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011). Uma dificuldade que tem sido experimentada com este processo é a falta de estabilidade da espuma durante o ciclo de aquecimento, pois, se a espuma não permanece estável, ocorre desagregação, causando prejuízo grave à operação de secagem (THUWAPANICHAYANAN; PRACHAYAWARAKORN; SOPONRONNARIT, 2012). De forma geral, espumas que não colapsarem durante pelo menos 1 hora a temperatura ambiente são consideradas mecanicamente ou termicamente estáveis para o processo inteiro de secagem. Termicamente, espumas estáveis conservam a sua estrutura porosa, o que ajuda na melhoria das propriedades de reconstituição do produto seco (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011).

As variáveis que afetam a formação de espuma, a densidade e a estabilidade incluem a natureza química dos frutos, teor de sólidos solúveis totais, a fração de celulose, tipo e concentração de agente espumante, tipo e concentração do estabilizador de espuma (KARIM e WAI, 1999a). Para espumas naturais, tais como clara de ovo e suco de abacaxi, não há necessidade de adicionar quaisquer agentes de formação de espuma. As proteínas vegetais (por exemplo, proteína de soja hidratada), gomas e vários tipos de emulsionantes (por exemplo, glicerol monoestearato, propileno glicerol monoestearato, carboximetilcelulose, triclorofosfato) são normalmente adicionados a sucos, polpas, purês ou concentrado como agentes de formação de espuma (KADAM et al., 2010).

A adição de agentes espumantes e estabilizantes ajuda a aumentar a estabilidade da espuma durante a secagem. Na medida em que a concentração de estabilizantes é aumentada, a densidade final da espuma diminui, uma vez que maior quantidade de ar é incorporado durante a mistura (FALADE; ADEYANJU; UZO-PETERS, 2003). A concentração do estabilizador de espuma, por outro lado, deve estar abaixo da concentração crítica na qual a espuma se torna instável, pois uma dose excessiva de estabilizante, assim como um tempo de mistura muito prolongado também

podem resultar em colapso da espuma (RATTI e KUDRA, 2006). Deve-se ressaltar também que os aditivos utilizados podem modificar algumas das características sensoriais do alimento pelo fato dos produtos de espumas instáveis serem difíceis de secar e apresentam características inferiores de cor, textura, sabor e valor nutritivo (RATTI e KUDRA, 2006).

Como a massa específica e a estabilidade da espuma são as características mais relevantes para uma posterior secagem pelo método *foam-mat*, ressalta-se a necessidade do conhecimento das concentrações ideais do aditivo utilizado em estudos com frutas. Tendo em vista que as espumas utilizadas neste método de secagem devem ser capazes de suportar diversas operações mecânicas incluindo bombeamento, espalhamento, assim como a própria secagem.

Nesse sentido, diversos estudos têm sido conduzidos (**Tabela 2**) a fim de caracterizar os produtos obtidos e determinar as melhores condições de operação (temperatura de secagem, tipo e concentração de estabilizantes) em frutas como manga, jaca, tamarindo, ceriguela, carambola, jenipapo, araçá-boi, banana, cupuaçu, pitanga, umbu, dentre outras (FURTADO et al., 2010; THUWAPANICHAYANAN et al., 2008; RAJKUMAR et al., 2007; ALEXANDRE et al., 2007; BASTOS et al., 2005; GALDINO et al., 2003; KARIM e WAI, 1999a).

Tabela 2 – Condições utilizadas para secagem em camada de espuma descritas em trabalhos encontrados na literatura.

Aditivo	Produtos aplicados	Concentração utilizada	Temperatura de secagem	Referência
Albumina	Feijão branco, manga, suco de maçã, tamarindo, ceriguela, extrato de inulina, tangerina, tomate, mamão, néctar de mamão, iogurte, pitanga-roxa e banana	0,5 a 20 %	50 a 85°C	Falade et al. (2003) / Rajkumar et al. (2007b) / Raharitsifa et al. (2006) / Silva et al. (2008) / Furtado et al. (2010) / Harmayani et al. (2011) / Kadam et al. (2011) / Kadam e Balasubramanian (2011) / Widyastuti e Srianta (2011) / Kandasamy et al. (2012) / Ibdapo e Erukainure (2012) / Krasaekoopt e Bhatia (2012) / Chaves et al. (2012) / Okocha (2012)/ Thuwapanichayanan et al. (2012)
Carboximetilcelulose	Umbu, espinheiro marítimo, tangerina e malta (citrus)	0 a 3 %	55 a 85°C	Silva et al. (2005) / Kaushal et al. (2011) / Kadam et al. (2011) / Chand e Pandey (2012)
Emustab®	Acerola, umbu, jaca, extrato hidrossolúvel de soja, figo da Índia, guabiroba e pequi	0 a 10 %	52 a 90°C	Soares et al. (2001) / Galdino et al. (2003) / Dantas et al. (2008) / Luz et al. (2008) / Lisbôa et al. (2012) / Breda et al. (2012) / Pinto (2012)
Gliceril metil esterato	Feijão branco, marmeleiro da Índia, mamão, malta (citrus), inhame e banana	0,005 a 15 %	60°C a 85°C	Falade et al. (2003) / Bag et al. (2011) / Widyastuti e Srianta (2011) / Kandasamy et al. (2012) / Chand e Pandey (2012) / Falade e Onyeoziri (2012) / Thuwapanichayanan et al. (2012)

Leite	Manga, tangerina e malta (citrus)	0 a 25 %	65 a 85°C	Kadam et al. (2010) / Kadam et al. (2011) / Chand e Pandey (2012)
Methocel	Laranja, pomelo, carambola	0,1 % a 1 %	61 a 90°C	Wagner et al. (1964) / Karim e Wai (1999b)
Metil celulose	Suco de maçã, marmeleiro da Índia, mamão e iogurte	0,1 a 3 %	55 a 70°C	Raharitsifa et al. (2006) / Kudra e Ratti (2008) / Bag et al. (2011) / Widyastuti e Srianta (2011) / Kandasamy et al. (2012) / Krasaekoopt e Bhatia (2012)
Pectina	Acerola, extrato hidrossolúvel de soja e guabiroba	1 %	52 a 74°C	Soares et al. (2001) / Luz et al. (2008) / Breda et al. (2012)
Proteína de Soja	Laranja, pomelo, banana, figo da Índia	1 % a 10 %	45 a 90°C	Wagner et al. (1964) / Sankat e Castaigne (2004) / Lisbôa et al. (2012)
Sorbac 60 e Polisorbac 80	Suco de abacaxi	Não informado	60 a 80°C	Beristain et al. (1991)
Superliga neutra	Acerola, extrato hidrossolúvel de soja, figo da Índia, pitangaroxa e guabiroba	1 a 2 %	52 a 90°C	Soares et al. (2001) / Luz et al. (2008) / Lisbôa et al. (2012) / Chaves et al. (2012) / Breda et al. (2012)
Tween	Manga e leite	1 a 2,5 %	70°C a 85°C	Bastos et al. (2005) / Febrianto et al. (2012)
Gelatina, carragena e outros	Banana, extrato hidrossolúvel de soja, pitanga, quiabo e malta (citrus)	3,5 a 7 %	52 a 85°C	Prakotmak et al. (2010) / Falade e Okocha (2012) / Luz et al. (2008) / Alexandre et al. (2007) / Falade et al. (2010) / Chand e Pandey (2012)

Ao avaliarem o efeito da concentração de carboximetilcelulose (CMC) no volume da espuma de polpa de espinheiro marítimo para secagem *foammat*, Kaushal; Sharma; Sharma (2011) verificaram que, com o aumento do nível de CMC (0,5 – 3,0 %), a polpa transformada em espuma apresentou aumento significativo no seu volume total após agitação. No entanto, o aumento máximo em espuma foi observado após mistura da polpa com 2,0 % a 2,5 % de CMC, permanecendo completamente estabilizada durante a etapa de secagem. Estes autores observaram ainda, que abaixo deste nível (0,5 – 1,5 %) a espuma apresentou-se instável durante a secagem, enquanto que a polpa com 3,0 % de CMC formou um gel espesso, sendo consideradas em ambos os casos inadequadas para a secagem.

Bastos et al. (2005) realizaram a desidratação de polpa de manga *Tommy Atkins* por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 70°C e 85°C utilizando diferentes emulsificantes: carboxil-metil celulose, Tween 60 (Polietilenoglicol sorbitano monoestearato ou Monoestearato de polioxietileno sorbitano), goma xantana e clara de ovos. Estes autores verificaram que os melhores resultados para estabilidade da espuma e análises físico-químicas da polpa desidratada foram obtidos com o uso de tween 60 a uma temperatura de 70°C.

Durante a caracterização da espuma de jenipapo com diferentes aditivos visando a secagem em camada de espuma, Pinto (2009) constatou que o Emustab® é o aditivo que, nas concentrações usadas, se apresenta como o melhor para o uso neste tipo de secagem. Por estar na forma de pasta, este emulsificante apresenta facilidade de incorporação e mistura com a polpa, diferente de outros agentes como carboximetilcelulose e gliceril monoesterato que para serem eficazes, devem ser misturados em água quente para dar uma dispersão sob a forma de uma rígida suspensão sem partículas visíveis (SANKAT e CASTAING, 2004).

Além deste processo oferecer grandes possibilidades comerciais, apresenta baixo custo de operação pois utiliza menor tempo de secagem devido à elevada área de contato exposta ao ar aquecido, a qual facilita a retirada da umidade (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011). Kadam et al. (2010) destacam ainda que apesar do grande volume de gás presente na massa de espuma reduzir a taxa de transferência de calor, a taxa de secagem é comparativamente elevada devido ao enorme aumento da interface líquido/gás. Além disso, as vantagens desse processo incluem a obtenção de um pó de fácil reconstituição e de melhor

qualidade, oferecendo grandes possibilidades comerciais (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011).

Vieira et al. (2007) relataram ainda que no caso de polpa de fruta desidratada, há a possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, sem despesas inerentes à conservação a frio. Além do mais, Falade; Adeyanju; Uzo-Peters (2003) reportaram que a polpa processada na forma de pó apresenta possibilidade de formulação com outros produtos e baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem e espaço de armazenamento. Ressalta-se que a estimativa da vida de prateleira destes produtos não é uma tarefa fácil, tornando-se imprescindível o máximo de informações sobre o produto a ser conservado e os fatores que interferem na sua estabilidade (LISBÔA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2012).

Assim, considerando a inexistência de dados na literatura sobre não apenas a aplicação do método de secagem em camada de espuma na obtenção de produtos desidratados derivados de goiaba, mas também sobre a melhoria dos parâmetros de processo, a proposta deste projeto foi estudar e avaliar o método de secagem em camada de espuma na obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças (DTA-III), na Planta Piloto de Processamento de Frutas e Hortaliças e no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA). As análises de vitamina C e carotenoides foram realizadas no Laboratório de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde e as análises microscópicas no Núcleo de Microscopia e Microanálise, ambos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

4.2. Delineamento experimental

Para verificar o efeito das diferentes concentrações de emulsificante (0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 % e 10 %) sobre a densidade, expansão e estabilidade das espumas, os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 3 repetições.

Para determinar o efeito das temperaturas de secagem e das concentrações do emulsificante sobre as propriedades físico-químicas das polpas em pó, os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial 2x3 sendo os fatores concentração do emulsificante (2,5 % e 5,0%) e temperatura de secagem (60°C, 70°C e 80°C) da polpa de goiaba em camada de espuma, em 3 repetições experimentais.

4.3. Obtenção da matéria-prima

As goiabas da variedade Pedro Sato (ano agrícola: 2011-2012) foram adquiridas no comércio local de Viçosa, Minas Gerais, e rapidamente transportadas à planta piloto de processamento de frutas e hortaliças da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Na planta piloto, as frutas foram selecionadas e depois lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 250 mg.L⁻¹ de cloro ativo por 5 minutos.

Após a sanitização, as frutas foram cortadas ao meio e trituradas em despoldadeira mecânica (Itametal®, modelo Bonina 0.25df), sendo a polpa acondicionada em sacos plásticos de polietileno na quantidade aproximada de 500 g. As embalagens foram fechadas hermeticamente com máquina seladora e a polpa

foi armazenada em câmara de congelamento (-18 °C) até o momento de sua utilização.

4.4. Caracterização da matéria-prima

Análises físico-químicas de teor de água, atividade de água, pH, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, vitamina C, licopeno, β -caroteno e cor (L^* , a^* , b^* , h^* e C^*) da polpa de goiaba *in natura* foram realizadas.

4.4.1. Teor de água

O teor de água foi determinado utilizando método gravimétrico com emprego de calor, com base na perda de massa das amostras submetidas ao aquecimento em estufa à vácuo (modelo Q819v2, Quimis®) até massa constante – conforme descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON et al., 2008). Para esta análise 5 g da amostra foram espalhadas uniformemente, em cápsula metálica com tampa, previamente tarada e então pesada. As amostras foram secas por 6 horas a (70 ± 2) °C sob pressão reduzida (≤ 100 mm Hg (13,3 kPa)).

4.4.2. Atividade de água (A_w)

A determinação da atividade de água foi feita usando um higrômetro de ponto de orvalho (Aqualab, Decagon. Modelo 3TE, Pullman, Washington, EUA), sendo a leitura realizada diretamente no equipamento à temperatura de 25°C.

4.4.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH das amostras, foi utilizado um potenciômetro (Gehaka TG1800), previamente calibrado com soluções padrão de pH 4,0 e 7,0, conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON et al., 2008).

4.4.4. Teor de sólidos solúveis totais

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) foi realizada em temperatura ambiente diretamente em refratômetro de bancada modelo ABBÉ, sendo os resultados expressos em °Brix, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON et al., 2008).

4.4.5. Acidez total titulável

Para determinação da acidez total titulável foi utilizada a metodologia adaptada, descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON et al., 2008). Para essa análise foi utilizada uma amostra de 5 g de polpa diluída em 25 mL de

água, acrescida de 3 gotas de fenolftaleína 1% (solução indicadora). Com uma bureta contendo uma solução padronizada de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, procedeu-se a titulação até o ponto de viragem da fenolftaleína, que ocorreu quando a solução contendo a amostra atingiu uma coloração rosa claro ($\text{pH} = 8,3$). Na dificuldade em observar o ponto de viragem pela indicação da fenolftaleína, foi utilizado um pHmetro digital. A acidez foi expressa em porcentagem de ácido cítrico por 100 g de polpa.

4.4.6. Determinação de vitamina C (ácido ascórbico)

A extração da vitamina C foi baseada no método proposto por Giannakourou e Taoukis (2003), adaptado por Rodrigues e Pinheiro-Sant'Ana (2003). No procedimento de extração, foram realizadas as seguintes etapas: pesou-se cerca de 5 g de cada amostra em balança analítica; adicionou-se 5 mL de ácido metafosfórico (AMP) 4,5 % (m/v) e triturou-se com uso de microtritador; repetiu-se a operação anterior duas vezes; rinsou-se a haste do microtritador com 5 mL de água ultrapura; filtrou-se a vácuo em funil de Büchner, utilizando papel de filtro; transferiu-se o filtrado para um balão volumétrico de 25 mL, completou-se com água ultrapura e homogeneizou-se; centrifugou-se o filtrado por quinze minutos a 4.000 rpm (1789 g) (Centrifuga Excelsa II 206 MP Fanem); transferiu-se o sobrenadante para frasco âmbar e armazenou-se em refrigerador a 5°C .

Para evitar perdas da vitamina C, todas as operações foram realizadas sem a incidência de luz solar e artificial. Foram utilizadas vidrarias âmbar ou vidrarias revestidas com papel alumínio.

Para análise cromatográfica, uma alíquota de 2 mL do extrato obtido na etapa de extração foi filtrada utilizando-se unidade filtrante HV Millex em polietileno, com 0,45 mm de porosidade. A vitamina C, na forma de ácido ascórbico, foi analisada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). As seguintes condições cromatográficas foram utilizadas: sistema CLAE, modelo Shimadzu composto por bomba de alta pressão, modelo LC-10AT VP; injetor automático, com "loop" de 50 μL , modelo SIL-10 AF; coluna Microsorb-MV C18, 5 mm, 250 mm x 4 mm; detector de arranjos de diodos UV-Visível, modelo SPD-M10A; software "Multi System" modelo Class VP 6.1 para controle de até quatro sistemas; fase móvel 80 % de água ultrapura com pH ajustado para 2,2 com AMP, 20 % acetonitrila, 10 mM de tetrabutilamônio brometo; vazão da fase móvel, o fluxo: $1,0 \text{ mL.minuto}^{-1}$; volume de

injeção: 30 µL de cada amostra; tempo de corrida: entre oito e quinze minutos para amostras e cinco minutos para os padrões. Os cromatogramas foram obtidos a 238 nm.

A identificação da vitamina C nas amostras foi realizada comparando-se os tempos de retenção obtidos para o padrão, ácido L-ascórbico, e para as amostras, analisados sob as mesmas condições. Além disso, foram comparados os espectros de absorção do padrão e do pico de interesse nas amostras, utilizando-se o detector de arranjos de diodos.

4.4.7. Determinação de carotenoides (licopeno e β-caroteno)

A ocorrência e o conteúdo de licopeno e β-caroteno nas amostras foram investigadas. Para tanto, a extração de carotenoides foi realizada segundo o método proposto por Rodriguez-Amaya et al. (1976), com modificações. Cerca de 0,7 g de amostra foi pesada e reconstituída com 4,3 mL de água e, então, adicionada de 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL), homogeneizada em microtritador, por aproximadamente 5 minutos, e filtrada a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido, em três frações, para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo resfriado, sendo cada fração lavada com água destilada para retirada total da acetona. Foi acrescentado sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material. Posteriormente, o extrato em éter foi concentrado utilizando evaporador rotativo (IKA®, Modelo RV 10 BASIC) em temperatura de 35 ± 1°C, transferido para balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Para análise, alíquotas de 10,0 mL do extrato foram evaporadas sob fluxo de nitrogênio gás, sendo o resíduo seco redissolvido em 2,0 mL de acetona. Os extratos foram filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm, sendo injetados 50 µL na coluna cromatográfica para a análise.

As análises de licopeno e β-caroteno foram realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), sendo utilizadas as condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana et al. (1998), as quais incluem: sistema CLAE com detector de arranjo de diodos (DAD); coluna cromatográfica RP-18 Phenomenex Gemini (250 x 4,6 mm, 5 µm), munida de coluna de

guarda Phenomenex ODS (C18) (4 mm x 3 mm). Foi utilizada fase móvel composta de metanol: acetato de etila: acetonitrila (70:20:10, v/v/v) com fluxo de 1,7 mL min⁻¹ e tempo de corrida de 15 minutos. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm. A identificação de licopeno e de β-caroteno nas amostras foi realizada comparando-se os tempos de retenção obtidos para os padrões de licopeno e β-caroteno, e para as amostras, analisados sob as mesmas condições. Além disso, foram comparados os espectros de absorção do padrão e do pico de interesse nas amostras, utilizando-se o detector de arranjos de diodos.

A retenção de licopeno, β-caroteno e vitamina C (base seca) na polpa de goiaba em pó foi calculada de acordo com a **equação 1** proposta por Murphy et al. (1975):

$$\text{Retenção (\%)} = \frac{C_{\text{polpa em pó}} \times P_{\text{polpa em pó}}}{C_{\text{polpa in natura}} \times P_{\text{polpa in natura}}} \times 100 \quad (1)$$

Em que: $C_{\text{polpa em pó}}$ = conteúdo do nutriente na polpa de goiaba em pó;

$P_{\text{polpa em pó}}$ = Massa de polpa de goiaba em pó;

$C_{\text{polpa in natura}}$ = conteúdo do nutriente na polpa de goiaba *in natura*;

$P_{\text{polpa in natura}}$ = Massa de polpa de goiaba *in natura*.

4.4.8. Análise objetiva da cor

A avaliação da cor objetiva foi determinada por colorimetria, utilizando-se um colorímetro manual, de triestímulo COLOR READER CR-10 Konica Minolta, empregando a escala CIELAB com as coordenadas: L^* , a^* e b^* . Para medir a cor, polpas em pó foram colocadas em uma cubeta de vidro de borossilicato (capacidade 4 mL) de cerca de 3,0 mm de espessura e o valor de L^* , a^* e b^* para cada amostra foram fornecidos a partir da leitura direta em cubeta contendo aproximadamente 1,3 g do produto. Além disso, foram calculados a tonalidade cromática (h^*) e croma (C^*) pelas equações descritas por CANUTO et al. (2010).

$$h^* = [\arctan (b^*/a^*) \times 180] / \pi \quad (2)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3)$$

4.5. Emulsificante

Para a secagem em camada de espuma de polpa de goiaba foi utilizado um produto com características emulsificantes e estabilizantes, as quais são exigidas pela técnica. Composição do emulsificante: monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (que diminuem a tensão superficial dos glóbulos, permitindo a formação da emulsão /agente de aeração, estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitana (estabilizante), polioxietileno de monoestearato de sorbitana. Apresenta como conservante o sorbato de potássio.

4.6. Seleção das concentrações do emulsificante

Formulações compostas de polpa de goiaba com o agente emulsificante nas concentrações 0 % (controle); 2,5 %; 5 %; 7,5 % e 10 % (m/m) foram testadas. Misturou-se a polpa e o emulsificante em um béquer com o auxílio de uma batedeira (Walita®), na velocidade máxima por 5 minutos.

As formulações foram avaliadas quanto ao percentual de expansão, densidade, capacidade de incorporação de ar e estabilidade das espumas em temperatura de 25 °C, em três repetições. As duas formulações que apresentaram melhores resultados em relação aos ensaios foram escolhidas. Entre uma formulação de espuma e outra, não havendo diferença destes parâmetros, foi selecionada a amostra com a menor concentração do agente emulsificante.

4.6.1. Densidade e percentual de expansão

As densidades das polpas e das espumas foram medidas utilizando-se picnômetros de 50 mL previamente calibrados com água destilada. Com os valores das densidades foi possível obter o percentual da expansão das espumas. As medidas foram realizadas em triplicata. Para o cálculo das densidades, a **equação 4** foi utilizada:

$$\rho_{amostra} = \frac{m_{amostra}}{V_{picometro}} \quad (4)$$

Pela **equação 5** a expansão das espumas foi calculada:

$$\text{Exp}(\%) = \frac{1/\rho_{espuma} - 1/\rho_{polpa}}{1/\rho_{polpa}} \times 100 \quad (5)$$

Em que: $\rho_{amostra}$ = densidade da amostra ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); $m_{amostra}$ = massa da amostra(g) e $V_{picometro}$ = volume do picnômetro (cm^3).

4.6.2. Capacidade de incorporação de ar (*Over run*)

A capacidade de incorporação de ar ou *over run* está relacionada com o volume de ar introduzido em uma solução, sendo determinado pelo aumento de volume da espuma formada. Para determinação do “*over run*”, 400 mL de polpa de goiaba foram adicionadas em um béquer para preparo das espumas conforme descrição do subitem 4.6. Anotou-se o volume da mistura no béquer antes e após a agitação. Para cálculo da porcentagem de *over run* foi utilizada a **equação 6**:

$$\% \text{ Over run da espuma} = \frac{V_{\text{espuma}} - V_{\text{polpa}}}{V_{\text{polpa}}} \times 100 \quad (6)$$

Em que: V_{espuma} = Volume de espuma após agitação;

V_{polpa} = Volume de polpa e emulsificante antes da agitação.

4.6.3. Avaliação da estabilidade da espuma

A estabilidade da espuma (EE) para cada concentração foi avaliada segundo a metodologia citada por Rajkumar et al. (2007), na qual 100 mL de espuma foram adicionadas em uma proveta mantida à temperatura ambiente (25 °C) por 3 horas. A drenagem da espuma ou a redução de volume foi usada como um índice para a estabilidade da espuma, sendo realizada a medição a cada 30 minutos.

4.6.4. Caracterização morfológica das espumas

As espumas foram avaliadas pela técnica de microscopia confocal a laser para avaliar as fases da espuma e a incorporação de ar na polpa, utilizando um microscópio ótico (Olympus Microscope Model BX40F, Olympus Optical, Japan) com aumento de 400 vezes. As observações foram realizadas com aumentos de 5 e 20 vezes.

4.7. Obtenção e caracterização da polpa em pó

4.7.1. Preparo das espumas

As duas formulações das espumas foram preparadas conforme descrição do subitem 4.6. A unidade experimental para cada repetição do tratamento (formulação x temperatura de secagem) consistiu de quatro bandejas, sendo destinada a cada, a preparação de 230 gramas de espuma (polpa e emulsificante).

4.7.2. Secagem em camada de espuma e obtenção do pó

As formulações foram dispostas em bandejas de alumínio de formato circular (raio 150 mm e altura 5 mm) e colocadas em secador de bandejas com circulação de ar nas temperaturas 60°C, 70°C e 80°C e mantidas no equipamento até o momento em que a massa se tornou constante. A redução do conteúdo de água foi determinada por pesagens do produto em balança digital (Homis, DS – 2000), com precisão de duas casas decimais, no início da secagem e, posteriormente, em intervalos de 1 hora até se atingir massa constante.

O material seco foi removido das bandejas com auxílio de espátulas de plástico, apresentando granulometria fina, mas não homogênea. Experimentos anteriores mostraram que a trituração com a finalidade de obter um pó homogêneo aumenta o escurecimento do produto final.

4.7.3. Propriedades físico-químicas das polpas em pó

A fim de selecionar a melhor formulação (concentração de emulsificante x temperatura de secagem) foi realizada a caracterização dos produtos de cada tratamento por meio das análises de caracterização morfológica, solubilidade e análises físico-químicas de teor de água, atividade de água, pH, acidez titulável, vitamina C, licopeno, β -caroteno e cor (L^* , a^* , b^* , h^* e C^*) após a secagem, de acordo com o disposto no subitem 4.4. Para as análises de solubilidade, pH, acidez titulável, licopeno e β -caroteno, os pós foram reconstituídos em água até o teor de matéria seca correspondente à polpa *in natura*. Foram realizadas também as análises de teor de água, atividade de água, cor e vitamina C diretamente sobre o produto em pó.

4.7.4. Solubilidade

Para o estudo de solubilidade, amostras de 1 g de pó foram diluídas por adição de 100 mL de água destilada em um béquer (250 mL) sob agitação a 2500 rpm por 5 minutos. As soluções foram transferidas para tubos de centrifugas e centrifugadas a 2500 g por 5 minutos (centrífuga Hanil®, modelo Combi-514R). Alíquotas de 20 mL do sobrenadante foram transferidas para placas de alumínio, previamente submetidas em estufa a 105 °C por 2 horas. O percentual de solubilidade foi calculado a partir da diferença entre a massa final e a inicial do material na placa conforme a **equação 7**:

$$\% \text{ Solubilidade} = 100 - \frac{M_{\text{seca}} \times 100}{M_{\text{inicial}}} \quad (7)$$

Em que: M_{seca} = massa de amostra após secagem em estufa;

M_{inicial} = massa de amostra pesada inicialmente.

4.7.5. Caracterização morfológica da polpa em pó

O estudo da morfologia das partículas foi realizado através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), de acordo com os procedimentos descritos por Silveira (1989). A amostra seca foi fixada com fita dupla face no suporte de porta amostra do microscópio, conhecido como *stub* e, em seguida, levada ao Metalizador Balzers Union FDU 010, onde foi submetida ao processo de metalização com uma fina camada de ouro de 15 nm a 20 nm com a finalidade de tornar a amostra uma boa condutora elétrica. Posteriormente, a polpa em pó foi observada no Microscópio Eletrônico de Varredura LEO 1430 VP, com aumentos entre 1.000 vezes a 13.000 vezes.

4.8. Aplicação industrial e aceitabilidade da polpa em pó

4.8.1. Refresco de goiaba

A fim de avaliar a potencialidade de uso da polpa de goiaba em pó como ingrediente alimentício, foram preparados refrescos a partir da polpa de goiaba em pó reconstituída. Os tratamentos selecionados (temperatura de secagem e concentração de emulsificante) foram aqueles que proporcionaram maior retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C às amostras.

A formulação do refresco foi obtida pela mistura de 30 % de polpa de goiaba em pó reconstituída, 6 % de sacarose e 64 % de água (m/m). Previamente à reconstituição, a polpa de goiaba em pó foi peneirada para melhor homogeneização e solubilização, apresentando teor de sólidos solúveis totais de 8°Brix após ser reconstituída em água. Os ingredientes foram misturados e após o preparo, os refrescos foram armazenados a 5°C para posterior avaliação da aceitabilidade sensorial.

4.8.2. Aceitação sensorial

Para avaliação da aceitabilidade dos refrescos de goiaba, as amostras foram servidas individualmente em copos plásticos codificados com três números

escolhidos ao acaso, contendo aproximadamente 30 mL de refresco a 10°C. Para execução do teste, utilizou-se escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 9 = gostei extremamente) e 31 julgadores não treinados avaliaram as amostras quanto à aceitabilidade. Cada julgador recebeu as amostras separadamente junto com a ficha de avaliação (**Figura 7**) em cabine com luz vermelha acesa para avaliação dos atributos aroma e sabor, sendo instruído a acender a luz branca para avaliação dos atributos cor e impressão global. Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFV (Of. Ref. N^o 191/2012/CEP/07-12-15) e os participantes assinaram o Termo de Consentimento de acordo com a Resolução 196/96, que contém as políticas e regulamentos para pesquisas envolvendo seres humanos.

Nome: _____ Data: ___/___/___	
Sexo: () masculino () feminino Idade: _____	
Por favor, avalie a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais do produto, dando notas de acordo com a escala abaixo. Entre cada avaliação enxágue a boca com água e espere 30 segundos.	
9 - gostei extremamente	Código da amostra: _____
8 - gostei muito	Aroma: _____
7 - gostei moderadamente	Sabor: _____
6 - gostei ligeiramente	Cor: _____
5 - indiferente	Impressão Global: _____
4 - desgostei ligeiramente	
3 - desgostei moderadamente	
2 - desgostei muito	
1 - desgostei extremamente	
Comentários: _____	

Figura 7 – Ficha utilizada no teste de aceitação sensorial.

4.9. Análise estatística

Os dados obtidos nos estudos de estabilidade de espuma e das análises físico-químicas foram interpretados por análise de variância (ANOVA). Para análise dos fatores qualitativos e aceitação sensorial, foi utilizado um teste de comparação de médias (t, Tukey ou Duncan) enquanto que para os fatores quantitativos foi realizada análise de regressão, ambos ao nível de 5 % de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o programa SAS, versão 9.2. licenciado pela Universidade Federal de Viçosa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização física e química da polpa de goiaba *in natura*

Os resultados da avaliação físico-química, da cor objetiva e teor de licopeno, β -caroteno e vitamina C na polpa de goiaba *in natura* estão apresentados na **Tabela 3**. Comparando-se os resultados obtidos com os padrões de identidade e qualidade estabelecidos na Instrução Normativa nº 1, 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 totais, que são de 3,5 e 7,0°Brix, respectivamente. Enquanto que a acidez total titulável apresentou valor menor que o mínimo exigido por esta normativa que é de 0,40 g /100 g. Por outro lado, esteve acima dos valores descritos por Kadam et al. (2012), que variaram de 0,29 a 0,34g/100 g em polpa de goiaba *in natura*.

Tabela 3 – Características físicas e químicas em polpa de goiaba *in natura*.

Variável	Média*	Desvio padrão
Teor de água (g / 100 g)	87,63	0,04
Atividade de água	0,9931	0,004
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,83	0,06
Acidez total titulável (g de ácido cítrico/ 100 g)	0,38	0,01
pH	3,60	0,02
Coordenadas de cor	<i>L*</i>	38,60
	<i>a*</i>	17,63
	<i>b*</i>	20,02

<i>h</i> *	47,49	9,41
<i>C</i> *	26,93	3,77
Vitamina C (mg de ácido ascórbico/ 100 g)	29,50	1,67
Licopeno (mg / 100 g)	14,86	1,60
β-caroteno (mg / 100 g)	2,21	0,23

* Média de triplicata.

Comparando os resultados obtidos com os disponíveis na literatura, observa-se que o teor de sólidos solúveis totais está em acordo com Sharma et al. (2010) que ao avaliarem diferentes genótipos de goiaba verificaram variação de 9,4 a 13,5°Brix. Contudo, se encontram acima dos reportados por Brunini et al. (2003), Evangelista e Vieites (2006), Amorim et al. (2010) e Kadam et al. (2012). A variação entre os dados verificados na literatura pode ser justificada pela influência de fatores climáticos, variedade, solo, manejo pré e pós-colheita, processamento, dentre outros nas características das polpas de goiaba.

O teor médio de vitamina C encontrado na polpa de goiaba (**Tabela 3**) apresentou-se menor quando comparado aos relatados por Azzolini, Jacomino e Bron (2004) e Queiroz et al. (2008) (48,8 mg /100g e 49,1 mg /100g, respectivamente). O teor de vitamina C encontrado no presente estudo (29,5 mg /100g) esteve também abaixo do mínimo exigido (40 mg / 100 g) pela IN nº 1, de 07 de janeiro de 2000 para polpa de goiaba (BRASIL, 2000), o que pode ser explicado pelo fato de não ter sido realizada a conversão do isômero ácido desidroascórbico para quantificação do teor total de vitamina C.

Já Oliveira et al. (2010) encontraram valores inferiores aos do presente estudo para licopeno (7 mg/100 g) e β-caroteno (0,37 mg/100 g) em goiaba *in natura*.

A atividade de água, o teor de água e as coordenadas de cor estiveram próximos aos relatados por Osório; Forero; Carriazo (2011) em goiabas vermelhas. O teor de água também esteve próximo ao encontrado por Queiroz et al. (2008), a saber: 86,7% ±1,1%. O alto valor de atividade de água (0,99) da polpa requer o uso de tecnologias de conservação a fim de minimizar o crescimento microbiano e reações enzimáticas.

5.2. Caracterização das espumas

A caracterização das espumas foi realizada a fim de selecionar as concentrações de emulsificante para posterior utilização na secagem em camada de espuma. Segundo Ortega et al. (2002), as características da espuma são influenciadas por diversos fatores, como a tensão superficial na interface líquido/gás, determinada pelo tipo e concentração de agente espumante, viscosidade e densidade da suspensão e pelo processo de agitação. Os critérios utilizados para esta seleção se basearam na estabilidade e densidade das espumas.

5.2.1. Seleção das concentrações de emulsificante

Verificou-se que a mistura da polpa de goiaba durante 5 min a 25°C sem a adição de emulsificante (tratamento controle) não formou espuma. No entanto, com o aumento do nível de emulsificante (2,5 % a 10 %), a polpa transformada em espuma apresentou aumento no seu volume total após agitação (**Figura 8**).

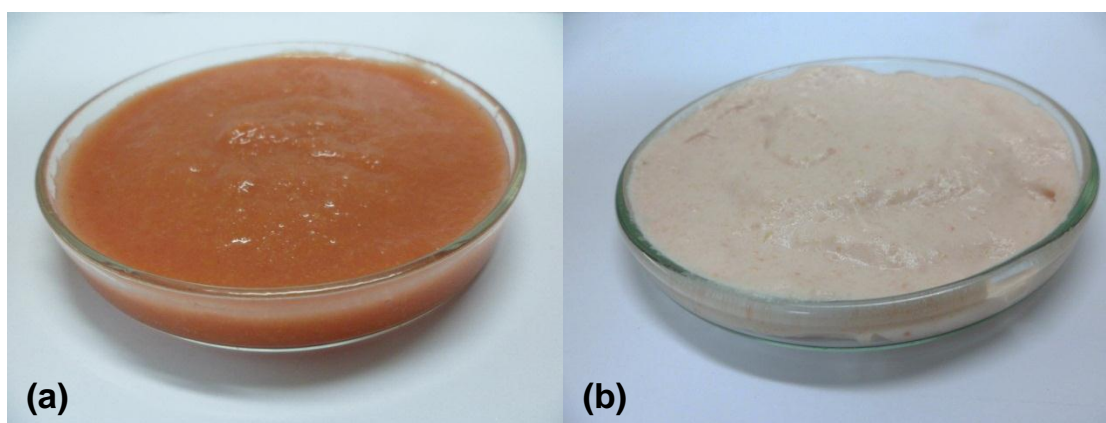


Figura 8 – Polpa de goiaba sem emulsificante (a) e espuma de polpa de goiaba com 10 % de emulsificante (b).

Verificou-se que as concentrações de emulsificante influenciaram ($p < 0,05$) na densidade e expansão das espumas e também na sua capacidade de incorporação de ar (*over run*).

A densidade das espumas de polpa de goiaba diminuiu com o aumento da concentração de emulsificante até concentração de 5 %, após agitação por 5 min a 25°C. Em concentração acima de 5 % de emulsificante, a redução na densidade da espuma não foi observada (**Figura 9**). Resultados similares foram relatados sobre a densidade da espuma de polpas de carambola (KARIM e WAI, 1999a, b), feijão

branco (FALADE; ADEYANJU; UZO-PETERS, 2003), banana (SANKAT; CASTAIGNE, 2004) e tomate (BALASUBRAMANIAN et al., 2012).

A redução na densidade das espumas ocorreu devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação, uma vez que a alta velocidade de agitação promove um aumento na taxa de cisalhamento, favorecendo a divisão das bolhas de ar, resultando na incorporação de maior quantidade de gás à mistura e, portanto na diminuição da densidade da espuma de polpa de goiaba.

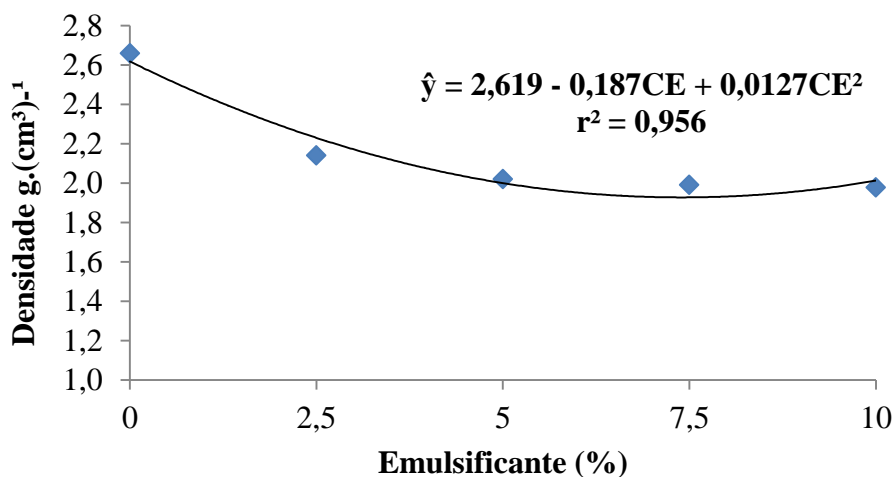


Figura 9 – Variação da densidade de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.

Para avaliar a expansão das espumas, foram determinadas as densidades tanto das espumas como da polpa de goiaba. A menor densidade das espumas indica que houve maior incorporação e retenção de ar, o que ocasionou maior expansão da espuma. O aumento máximo em expansão da espuma foi observado após mistura da polpa de goiaba com emulsificante a partir de 5 % (**Figura 10**). Balasubramanian et al. (2012), observaram a mesma tendência ao adicionarem CMC em quantidades maiores que 0,35 % em polpa de tomate para formação de espuma e posterior secagem em camada de espuma.

Tem sido sugerido na literatura que o aumento da viscosidade do líquido impede o aprisionamento de ar durante a mistura mecânica (BAG et al., 2011). Possivelmente, a adição de emulsificante em concentração acima de 5 % aumentou a viscosidade da mistura, excedendo o limite de viscosidade no qual o volume máximo de ar poderia ser incorporado. Isto resultou numa tendência a redução do

percentual de expansão da espuma quando adicionadas concentrações de emulsificantes maiores que 5 %.

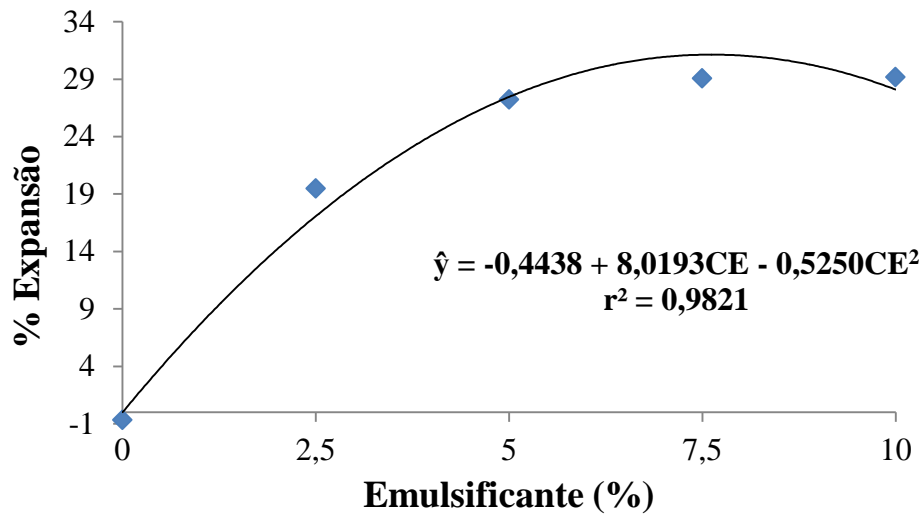


Figura 10 – Variação do percentual de expansão de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.

A capacidade de incorporação de ar (*over run*) da espuma de polpa de goiaba aumentou com a adição de emulsificante (**Figura 11**), apresentando valor acima de 100 % a partir da formulação com 5 % de emulsificante. Isso indica que um valor mínimo de emulsificante é necessário para que ocorra a redução da tensão superficial e interfacial a um nível suficientemente baixo para formar o filme que excede a espessura crítica, assim como reportado por Karim e Wai (1999a).

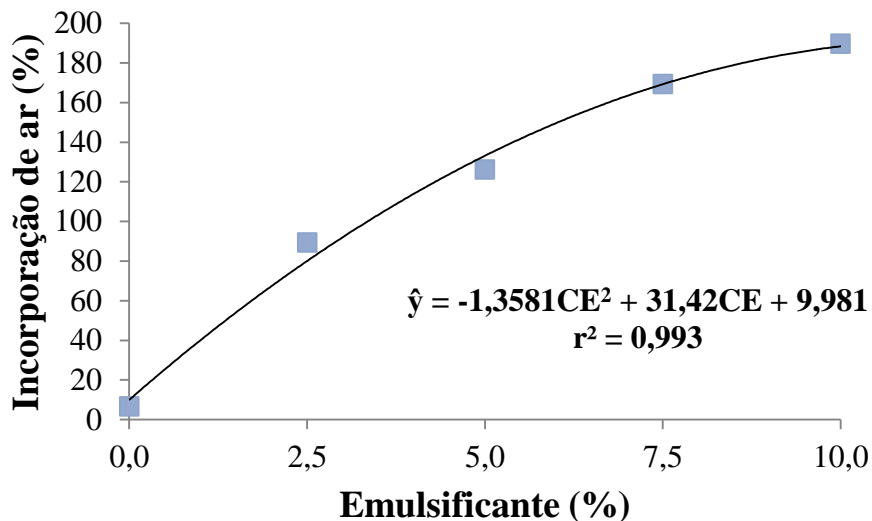


Figura 11 – Variação do percentual de incorporação de ar (*Over run*) de espumas de polpa de goiaba em função da concentração de emulsificante após agitação por 5 min a 25°C.

As espumas são sistemas termodinamicamente instáveis e por isso, além da capacidade de incorporação de ar é importante avaliar sua estabilidade, ou seja, sua habilidade de resistir à perda de bolhas de ar (LAU e DICKINSON, 2004). Os resultados do estudo de estabilidade das espumas apresentados na **Figura 12** demonstram que o aumento da concentração de emulsificante na polpa de goiaba promoveu maior estabilidade as espumas. Com uma menor concentração de emulsificante, as bolhas de ar tendem a não permanecerem estáveis porque a espessura crítica necessária para a formação da película interfacial líquido/gás não poderia ser formada (Karim e Wai 1999b). Em contrapartida, uma concentração de emulsificante acima de um valor crítico implica em formação de uma camada interfacial espessa que dificulta a remoção de água na etapa de secagem. Kaushal; Sharma; Sharma (2011) verificaram formação de gel após adição de 3 % de CMC em polpa de espinheiro marítimo, causando prejuízo à operação de secagem em camada de espuma.

Visualmente, melhor estabilidade de espumas foi observada para concentrações mais elevadas de emulsificante assim como por Shrestha et al. (2008), uma vez que essas espumas apresentaram aparência mais firme e menor redução do volume ao longo do tempo. Contudo, neste trabalho as espumas contendo 10 % de emulsificante apresentaram menor estabilidade que as espumas

contendo 7,5 %, possivelmente devido ao efeito da maior viscosidade sobre a capacidade de retenção de ar nas espumas, conforme descrito anteriormente. Bag et al. (2011) reportaram ainda que o colapso de espumas também pode ocorrer devido à força da gravidade atuando sobre a espuma e pelo aumento do volume que resulta em fusão de pequenas bolhas de ar.

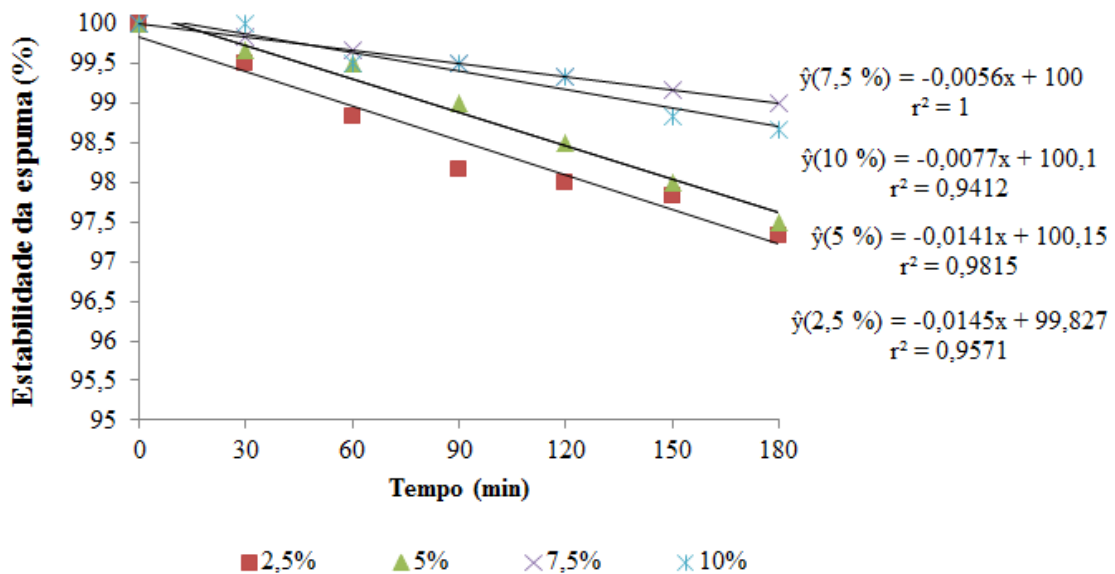


Figura 12 – Estabilidade de espumas de polpa de goiaba com emulsificante.

A estabilidade da espuma é de fundamental importância para o sucesso da operação de secagem, bem como para a qualidade do produto final, tendo relação diretamente proporcional à adição de agentes de estabilização de espuma. Muthukumaran et al. (2008) secaram clara de ovo em liofilizador pelo método de secagem em camada de espuma utilizando estabilizadores de espuma diferentes (metilcelulose, alginato de propileno glicol, e goma xantana) e relataram que 0,125 % de goma xantana forneceu estabilidade suficiente à espuma para a operação de secagem.

Raharitsifa et al. (2006) utilizaram clara de ovo e metilcelulose como aditivo de formação de espuma para a caracterização das espumas de suco de maçã para secagem em camada de espuma e otimizaram seus níveis em 2,5 % e 0,2 %, respectivamente, para a obtenção de espumas estáveis.

A estabilidade das espumas também pode ser influenciada pelo tempo. Ratti e Kudra (2006) afirmaram que as espumas que não colapsarem durante pelo menos uma hora são consideradas mecanicamente estáveis durante todo o processo de

secagem. Verificou-se que a concentração de emulsificante apresentou efeito não significativo ($p > 0,05$) para a estabilidade das espumas de polpa de goiaba. Entretanto, o tempo utilizado para avaliação apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a estabilidade das espumas de polpa de goiaba, bem como sua interação com as concentrações de emulsificante. No entanto, a variação da estabilidade ao longo do tempo foi mínima, não justificando a utilização de concentrações maiores de emulsificante.

Tendo em vista que a estrutura, a porcentagem de expansão e a estabilidade de espuma desempenham importante papel no movimento da água durante a secagem em camada de espuma e, subsequentemente, na qualidade do pó obtido, foram escolhidas as formulações contendo 2,5 % e 5 % de emulsificante, uma vez que não houve diferença significativa para densidade e percentual de expansão em concentrações maiores (7,5 % e 10 %). Além disso, não houve efeito significativo das concentrações de emulsificante sobre a estabilidade das espumas de polpa de goiaba, o que não justifica o uso de formulações contendo 7,5 % e 10 % do emulsificante, uma vez que isso ocasionaria maior custo de produção ao processo de secagem em camada de espuma. Portanto, foram selecionadas as menores concentrações de emulsificante para a utilização nas etapas de secagem a 60°C, 70°C e 80°C.

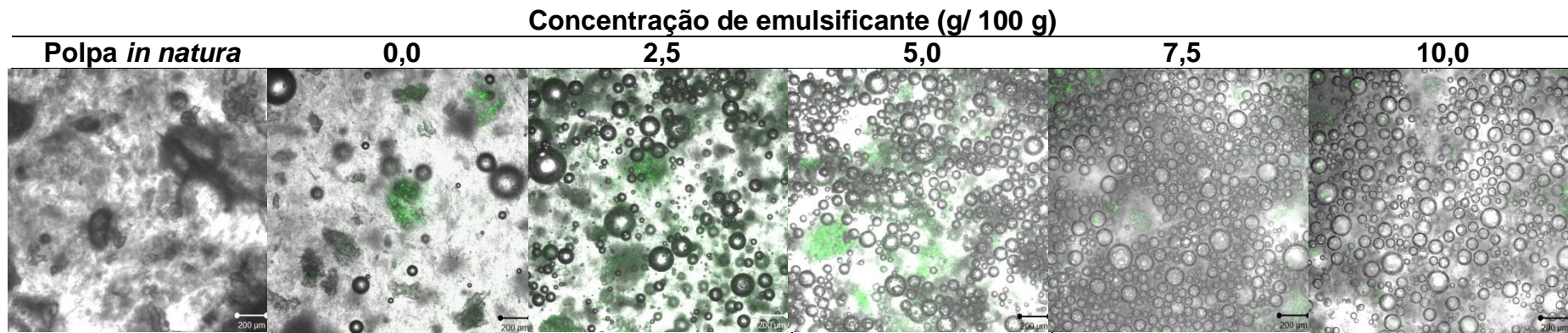
5.2.2. Análise microscópica

Através das imagens de alta resolução obtidas por microscopia confocal das espumas, a incorporação de ar na polpa de goiaba foi observada (**Figura 13**). As observações confirmaram as informações obtidas nos testes de densidade, percentual de expansão e capacidade de aeração das espumas em que houve um aumento na incorporação de ar com o aumento da concentração de emulsificante.

Além disso, o tamanho médio das bolhas diminuiu com o aumento da concentração de emulsificante, apresentando variação estimada de 26 μm a 252 μm ; 4,3 μm a 260 μm ; 7,6 μm a 160 μm ; 7 μm a 170 μm e de 8 μm a 122 μm nas espumas contendo 0 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 % e 10 %, respectivamente. A diminuição no tamanho das bolhas confirma as informações obtidas no teste de estabilidade, onde o aumento da estabilidade é diretamente proporcional à concentração de emulsificante. Assim como relatado por Bag et al. (2011), o colapso das espumas

instáveis promoveu a fusão de pequenas bolhas levando a formação de bolhas maiores, conforme observado nas amostras contendo 0 % e 2,5 % de emulsificante, que são as menos estáveis.

Aumento de 5 vezes



Aumento de 20 vezes

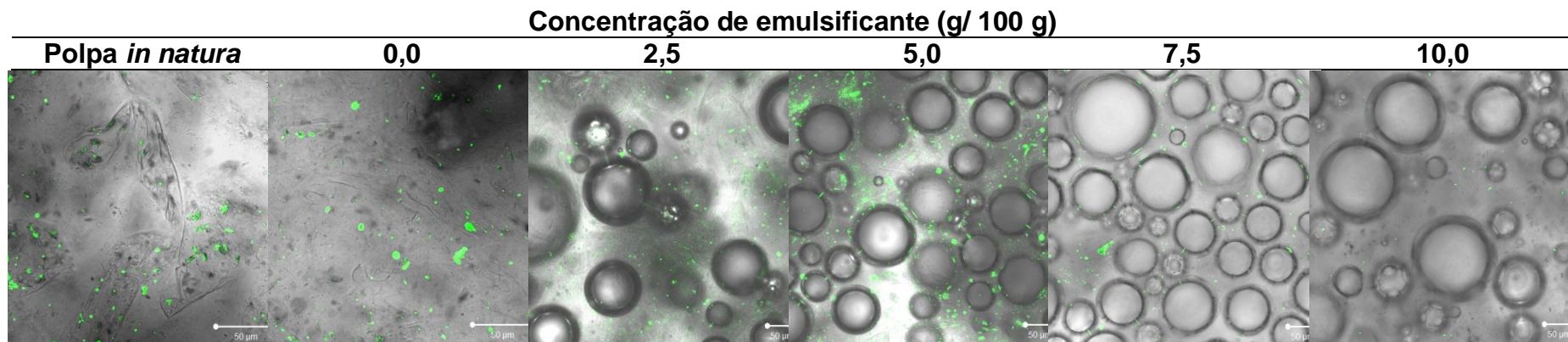


Figura 13 – Fotomicrografias de varredura confocal a laser de polpa de goiaba *in natura* e espumas contendo polpa de goiaba e emulsificante em diferentes concentrações.

5.3. Secagem em camada de espuma e obtenção da polpa em pó

A secagem foi realizada a 60°C, 70°C e 80°C até massa constante (**Figura 14**). Nesse período, ocorreu a máxima eliminação de água (ponto de equilíbrio), determinando o momento em que deveria ser realizada a desintegração da espuma seca, dando origem à polpa em pó.

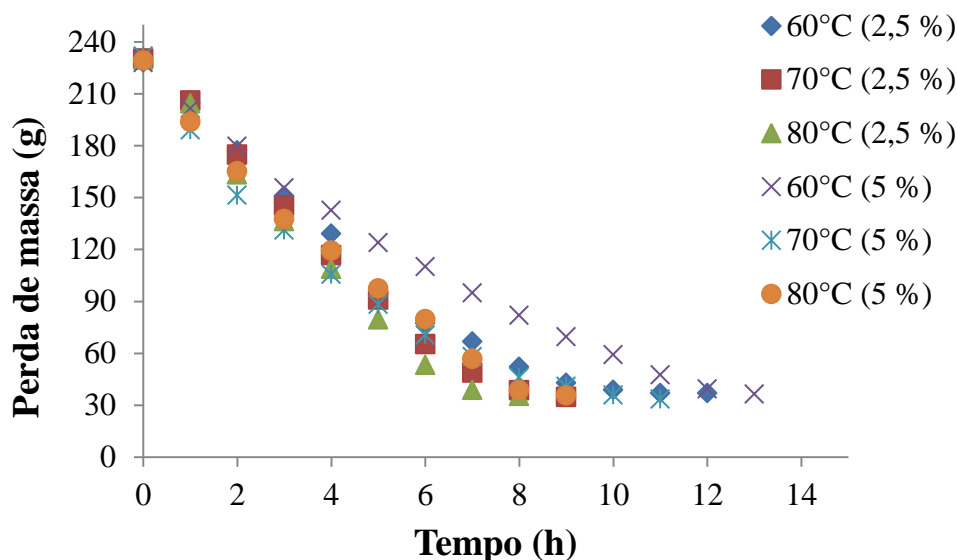


Figura 14 – Perda de massa de polpa de goiaba adicionada de emulsificante durante secagem em camada de espuma em diferentes temperaturas.

O tempo de secagem variou entre os tratamentos, sendo menor em temperaturas maiores. O tempo de estabilização em função da temperatura foi em média de 12,5 horas para a temperatura de 60°C, 10 horas para a temperatura de 70°C e de 8,5 horas para a secagem a 80°C. Observações semelhantes foram realizadas por Dantas et al. (2008) e Furtado et al. (2010) que verificaram, respectivamente, que a secagem de polpa de jaca e ceriguela a 80°C atingiu o equilíbrio higroscópico mais rapidamente do que quando realizada a 60°C e 70°C. Da mesma forma, Pinto (2012) observou redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura ao secar extrato de carotenoides obtidos de polpa de pequi pelo método de secagem em camada de espuma.

Pela **Figura 14** nota-se que as espumas de polpa de goiaba secaram mais rapidamente no início do processo de secagem do que no final. Esta diminuição da taxa de secagem ocorreu devido a uma redução no teor de água, além da diminuição da taxa de migração de água do interior para a superfície da espuma na

fase final de secagem. Observa-se também na **Figura 14** que a secagem completa das espumas de polpa de goiaba ocorreu em período de taxa decrescente, conforme registrado em outras frutas de alto teor de água como carambola (KARIM e WAI, 1999), manga (RAJKUMAR et al., 2007), ceriguela (FURTADO et al., 2010) e tomate (KADAM e BALASUBRAMANIAN, 2011).

Os tratamentos que continham emulsificante na concentração 2,5 % apresentaram menores tempos de secagem comparados aos tratamentos com 5 % de emulsificante. Isso ocorreu porque, devido à menor estabilidade da espuma contendo 2,5 % de emulsificante, houve a formação de uma crosta na superfície da bandeja impedindo que o restante da água contida no interior da espuma fosse removida (**Figura 15a**). Em alguns casos, verificou-se a separação da película de polpa de goiaba da bandeja (**Figura 15b**), causando prejuízo à etapa de secagem.

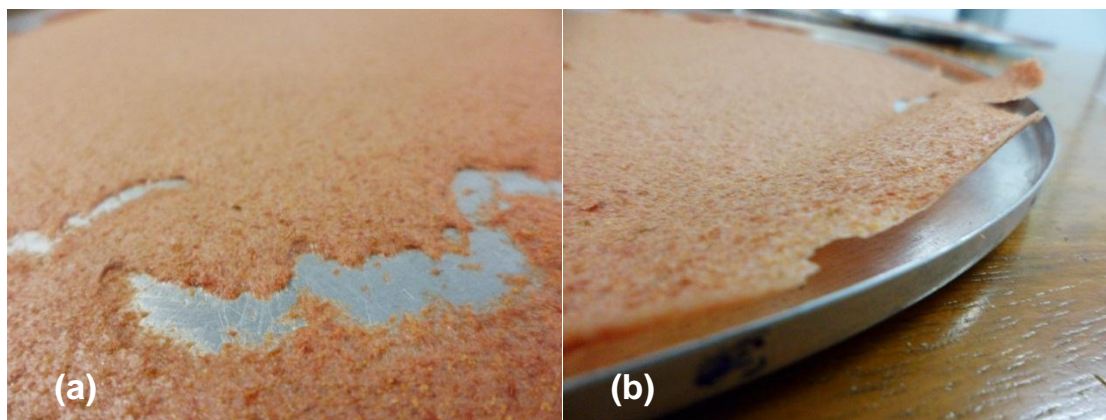


Figura 15 – Formação de crosta (a) e desprendimento (b) da espuma de polpa de goiaba contendo 2,5 % de emulsificante após secagem em camada de espuma.

A estrutura de espuma estável é desejável para promover uma secagem rápida e facilitar a remoção do material seco das bandejas. Se a espuma se colapsar em excesso, a qualidade do produto pode ser prejudicada (BAG et al., 2011).

A maior estabilidade das espumas contendo 5 % de emulsificante favoreceu a formação de uma estrutura porosa, com maior facilidade de desintegração das bandejas (**Figura 16**). De acordo com Bag et al. (2011), as espumas estáveis mantêm a sua estrutura porosa e promovem melhores propriedades de reconstituição do produto seco, enquanto que as espumas instáveis são difíceis de secar e desintegrar, resultando em produtos com características sensoriais e nutricionais indesejáveis.

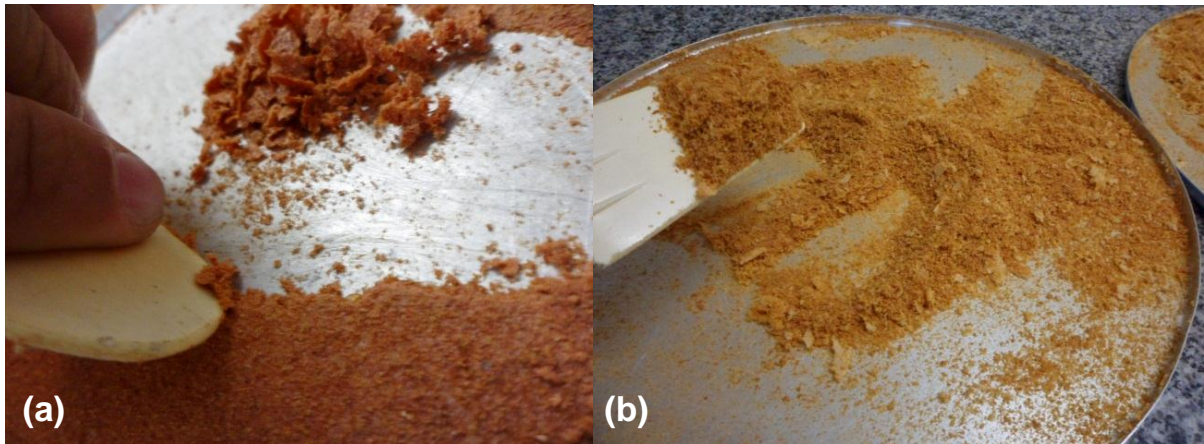


Figura 16 – Desintegração de polpas de goiaba em pó, contendo 2,5 % (a) e 5 % (b) de emulsificante, respectivamente, obtidas por secagem em camada de espuma.

5.4. Caracterização da polpa de goiaba em pó

5.4.1. Propriedades físicas, químicas e solubilidade

Não foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura de secagem, bem como de sua interação com a concentração de emulsificante para nenhuma das propriedades físico-químicas, para as coordenadas de cor e para a solubilidade (**Tabela 4**), ou seja, os fatores concentração de emulsificante e temperatura de secagem ocorrem de maneira independente para essas variáveis. No entanto, houve efeito significativo ($p < 0,05$) das concentrações de emulsificante sobre algumas características da polpa em pó, conforme apresentado na **Tabela 5**.

Houve ligeira variação no pH das amostras, enquanto que a acidez total titulável (**Tabela 4**) se apresentou aproximadamente 7 vezes maior do que na polpa *in natura*. Esta acidez vem garantir o gosto ácido característico do fruto quando o pó for reconstituído ou utilizado como suplemento alimentar, se constituindo também um fator desfavorável ao crescimento microbiano. Observação semelhante foi verificada por Soares (2001) em polpa de acerola em pó que também apresentou acidez total 7 vezes maior do que na polpa *in natura*.

Tabela 4 – Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade da polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante em diferentes temperaturas de secagem.

Variável	Emulsificante (g/100g)	Temperatura de secagem (°C)					
		60		70		80	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Teor de água (g /100g)	2,5	7,16	0,34	6,40	0,12	5,23	1,61
	5,0	4,43	0,45	4,21	0,40	5,16	2,15
Aa	2,5	0,47	0,01	0,51	0,01	0,44	0,06
	5,0	0,44	0,01	0,54	0,02	0,49	0,10
pH	2,5	3,70	0,07	3,57	0,09	3,59	0,07
	5,0	3,70	0,03	3,70	0,03	3,61	0,07
ATT (g ácido cítrico/100g)	2,5	2,66	0,10	3,05	0,09	3,00	0,08
	5,0	2,62	0,08	2,80	0,07	2,71	0,10
L^*	2,5	43,97	0,96	43,60	1,48	43,67	2,21
	5,0	47,70	2,55	48,10	0,78	47,40	0,35
a^*	2,5	17,83	0,40	17,73	1,34	17,17	0,40
	5,0	18,73	1,17	18,10	0,46	17,83	0,95
b^*	2,5	21,97	1,25	22,57	1,10	22,20	1,04
	5,0	25,60	0,92	26,33	1,32	26,20	0,40
h^*	2,5	50,92	2,23	51,90	0,78	52,29	0,96
	5,0	53,85	0,98	55,51	0,67	55,80	1,28
C^*	2,5	28,31	0,72	28,70	1,69	28,06	1,02
	5,0	31,72	1,39	31,95	1,35	31,70	0,75
Solubilidade (%)	2,5	88,80	0,36	88,11	0,96	88,51	1,01
	5,0	89,08	0,63	89,11	1,00	90,12	0,16

Médias (n = 3).

Tabela 5 – Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante.

Variável	Emulsificante (g/100g)			
	2,5		5,0	
	Média	DP	Média	DP
Teor de água (g /100g)	6,28 ^a	1,18	4,71 ^b	1,05
Aa	0,47 ^a	0,04	0,49 ^a	0,07
pH	3,62 ^a	0,09	3,67 ^a	0,06
ATT (g/100g)	2,90 ^a	0,20	2,71 ^b	0,11
L^*	43,74 ^a	1,43	47,73 ^b	1,38
a^*	17,58 ^a	0,79	18,22 ^a	0,88
b^*	22,24 ^a	1,02	26,04 ^b	0,89
h^*	51,7 ^a	1,41	55,1 ^b	1,26
C^*	28,36 ^a	1,09	31,79 ^b	1,04
Solubilidade (%)	88,47 ^a	0,78	89,44 ^a	0,78

Médias (n = 9) seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Verificou-se diferença significativa ($p > 0,05$) para o teor de água nas amostras contendo 2,5 % e 5,0 % de emulsificante, sendo este valor maior nas amostras que continham 2,5 % de emulsificante. Isto ocorreu uma vez que essas amostras apresentaram menor tempo de secagem devido à formação de crosta na superfície das bandejas que impediu a remoção da água do interior das espumas. O baixo teor, bem como a baixa atividade de água da polpa de goiaba em pó (**Tabela 4**) contribui para sua conservação uma vez que em valores de atividade de água entre 0,44 e 0,54, a atividade enzimática é baixa e não ocorre o crescimento de fungos filamentosos, leveduras e bactérias (JAY, 2006). Osório; Carriazo; Barbosa (2011) relataram teor de água (g /100g) de $5,37 \pm 1,63$ e $2,75 \pm 1,72$ em polpas de goiaba em pó obtidas por secagem por ar quente e por liofilização, respectivamente, estando estes valores próximos aos observados neste estudo.

Embora a maior sensibilidade das vitaminas seja atribuída, geralmente, a fatores ambientais como luz, oxigênio e temperatura, a atividade de água também influencia de maneira importante, mas ainda insuficientemente compreendida, na degradação desses compostos. Em geral, as reações químicas são mais lentas na medida em que a atividade de água diminui. Dado que, durante a secagem a temperatura do produto aumenta ao passo que a atividade de água diminui, a constante de velocidade pode aumentar quando o efeito da temperatura é dominante, sendo que pode diminuir mais tarde, quando a influência da atividade da água inferior torna-se o fator dominante (DOWNEY, 1977 *apud* GOULA e ADAMOPOULOS, 2005).

Uma vez que o aspecto geral de um produto é uma combinação de seus atributos cromáticos e geométricos (RAMALLO e MASCHERONI, 2012), os atributos cromáticos também foram avaliados, sendo eles: luminosidade (L^*), contribuição do vermelho ao azul (a^*), contribuição do amarelo ao verde (b^*), tonalidade (h^*) e croma (C^*).

A coordenada L^* , que numa escala de 0 a 100 varia desde o preto (0) ao branco (100), apresentou diferença significativa entre as concentrações de emulsificante utilizadas. Observou-se que a luminosidade foi menor nas polpas contendo 2,5 % de emulsificante, ou seja, apresentaram coloração mais escura que as amostras contendo 5 % de emulsificante, conforme pode ser observado pela **Figura 17**.

Em relação a coordenada a^* , que representa a variação entre o verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos), não houve diferença significativa entre as amostras, que apresentaram valores positivos, ou seja, com tendência à cor vermelha que é característica desta variedade de goiaba. Quanto a coordenada b^* , que representa a variação de azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos), constatou-se tendência ao amarelo, sendo os valores obtidos maiores na polpa de goiaba contendo 5 % de emulsificante.

A tonalidade (h^*) é um atributo amplamente utilizado como ferramenta analítica para descrever a cor, uma vez que é o atributo por meio do qual uma cor é percebida como vermelho, amarelo, verde, azul, etc. (CAPARINO et al., 2012). Os valores da tonalidade variam de 0 (pura cor vermelha), 90 (cor amarela pura), 180 (cor verde pura) a 270 (cor azul puro) (RAMALLO e MASCHERONI, 2012). Em todas as medições o valor de h^* foi menor a 90, o

que indica uma tendência a cor vermelho-alaranjada. A tonalidade (h^*) e o croma (C^*) foram maiores nas amostras contendo 5 % de emulsificante.

O valor do croma é igual à zero no centro do eixo de cores e aumenta conforme se distancia do centro, ou seja, quanto maior o valor de croma, maior a saturação ou intensidade da cor do produto (MARTINAZZO et al., 2008). Cromo teve um ligeiro aumento após a secagem quando comparado a polpa de goiaba *in natura*, o que indica a estabilidade da cor durante a secagem de polpa de goiaba em camada de espuma, uma vez que houve maior intensidade de cor nas amostras desidratadas. Ramallo e Mascheroni (2012) relataram um comportamento semelhante dos valores de croma após a secagem de abacaxi.



Figura 17 – Polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma a 60°C.

A solubilidade é o critério mais confiável para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. A solubilidade da polpa de goiaba em pó foi igual nas amostras contendo 2,5 % e 5,0 % de emulsificante (**Figura 17**), estando próximo a 90 %. Isto se deve à porosidade das amostras em consequência da incorporação de ar durante a etapa de mistura e formação de espuma.

5.4.2. Efeito do processo sobre a retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C

Foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura de secagem, bem como de sua interação com a concentração de emulsificante sobre o percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C na polpa de goiaba submetida a secagem em camada de espuma (**Tabela 6**).

Tabela 6 – Valores médios (n=3) e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, em polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante em diferentes temperaturas de secagem.

Variável	Emulsificante (g/100 g)	Temperatura de secagem (°C)					
		60		70		80	
		Média*	DP	Média*	DP	Média*	DP
Licopeno	2,5	121,49 ^{Aa}	5,98	160,02 ^{Aa}	2,85	64,58 ^{Ab}	7,35
	5,0	138,51 ^{Aa}	34,26	153,01 ^{Aa}	31,18	146,25 ^{Ba}	12,80
β -caroteno	2,5	48,83 ^{Ab}	2,77	76,55 ^{Aa}	5,13	34,83 ^{Ab}	4,69
	5,0	60,79 ^{Ba}	13,36	64,48 ^{Aa}	9,20	68,21 ^{Ba}	1,22
Vitamina C	2,5	8,01 ^{Ab}	1,57	10,31 ^{Aa}	1,58	7,94 ^{Ab}	1,61
	5,0	4,87 ^{Ba}	0,21	5,08 ^{Ba}	0,14	5,08 ^{Ba}	0,35

Médias seguida de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelos testes t e Duncan, respectivamente. * % de retenção.

Pela interação da concentração de emulsificante e temperatura de secagem utilizados, verificou-se que as amostras contendo 2,5 % de emulsificante e desidratadas a 70°C apresentaram maior retenção de vitaminas quando comparadas aos demais tratamentos. Isso ocorreu uma vez que as amostras contendo 2,5 % de emulsificante apresentaram menor tempo de secagem quando comparadas às que continham 5 % de emulsificante e a temperatura de 70°C, sendo intermediária, contribuiu para esta maior retenção. Kadam et al. (2011) ao desidratarem tangerina em temperaturas de 65°C, 75°C e 85°C por camada de espuma, utilizando CMC, leite e clara de ovo como agentes espumantes, verificaram que a adição de CMC em concentração de 0,5 a 1,0 % e secagem a 75°C foi o melhor tratamento para obtenção de tangerina em pó. Já Kandasamy et al. (2012) constataram que a secagem de mamão em pó a 60°C reteve maior quantidade de vitamina C quando comparada com a secagem a 65°C e 70°C pelo método em camada de espuma.

Apesar da degradação de carotenoides ocorrer durante a secagem, verificou-se alta retenção de licopeno e β -caroteno na polpa em pó como consequência da retirada de água. Da mesma forma, Lago-Vanzela et al. (2013) verificaram altas retenções de α -caroteno e β -caroteno em abóbora desidratada após secagem por circulação de ar quente. O processamento de alimentos, sobretudo o processamento térmico, tem demonstrado aumentar a biodisponibilidade de licopeno, devido à liberação da matriz do alimento (MORITZ e TRAMONTE, 2006).

Embora os efeitos benéficos do licopeno na prevenção de doenças têm sido bem documentados na literatura, este composto ainda não foi reconhecido como um nutriente essencial. Como resultado, não existe recomendação oficial para o nível de ingestão definido por profissionais de saúde e agências reguladoras. No entanto, alguns estudos relataram que uma ingestão diária de 5 a 7 mg pode ser suficiente para manter níveis circulantes de licopeno capazes de combater o estresse oxidativo e prevenir doenças crônicas em seres humanos adultos saudáveis. Sob a condição de doenças tais como câncer e doenças cardiovasculares, níveis mais elevados de licopeno que variam de 35 a 75 mg por dia podem ser necessários (RAO e RAO, 2007). Moritz e Tramonte (2006), sugerem ingestão de licopeno entre 4 a 35 mg/dia.

Os valores encontrados na polpa de goiaba em pó analisada neste estudo apresentaram-se maiores que a quantidade máxima sugerida pelos autores acima, demonstrando seu potencial como fornecedor deste importante composto antioxidante na dieta.

No caso da vitamina C, a menor retenção verificada na polpa em pó pode ser atribuída à sua maior sensibilidade ao calor. Declínio semelhante na retenção de ácido ascórbico foi observado em outros estudos utilizando a secagem em camada de espuma, como manga (Kadam et al., 2010), Cebola (Kadam et al., 2009), couve-flor (Kadam et al., 2008) e tangerina (Kadam et al., 2011).

A concentração de emulsificante afetou a retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C na polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma ($p < 0,05$) conforme apresentado na **Tabela 7**.

Tabela 7 – Valores médios e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando duas concentrações de emulsificante.

Variável	Emulsificante (g/100g)			
	2,5		5,0	
	Média	DP	Média	DP
Licopeno	115,36 ^a	41,87	145,92 ^b	24,84
β-caroteno	53,40 ^a	18,76	64,50 ^b	8,75
Vitamina C	8,75 ^a	1,80	5,01 ^b	0,24

Médias (n = 9) seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Da mesma forma, a temperatura de secagem também afetou a retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C na polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma ($p < 0,05$) conforme apresentado na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Valores médios e desvio-padrão (DP) do percentual de retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C, em base seca, na polpa de goiaba em pó obtida da secagem em camada de espuma utilizando diferentes temperaturas de secagem.

Temperatura (°C)	Licopeno		β -caroteno		Vitamina C	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
60	130,00 ^b	23,89	54,81 ^b	10,84	6,44 ^a	2,00
70	156,52 ^a	20,17	70,52 ^a	9,38	7,69 ^a	3,03
80	105,42 ^b	45,69	51,52 ^b	18,54	6,51 ^a	1,88

Médias (n = 6) seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

A temperatura de 70°C mostrou-se como a melhor para secagem da polpa de goiaba uma vez que as amostras apresentaram maior retenção de licopeno, β -caroteno e vitamina C quando comparadas àquelas desidratadas a 60°C e 80°C. A menor retenção desses compostos nas amostras desidratadas a 60°C pode ser atribuída ao maior tempo de exposição do produto ao ar de secagem e ao maior teor de água observado nessas amostras, favorecendo o desenvolvimento de reações de degradação. Esse mesmo comportamento foi observado por Silva et al. (2008) e por Furtado et al. (2010) secando tamarindo e ceriguela, respectivamente, pelo método em camada de espuma. Já para as amostras desidratadas a 80°C, possivelmente a menor retenção de vitaminas ocorreu por efeito da alta temperatura de secagem utilizada.

5.4.3. Análise microscópica

Através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), verificaram-se as características morfológicas e estruturais da polpa de goiaba em pó. A estrutura porosa e irregular em forma e tamanho das amostras obtidas em diferentes temperaturas (60°C, 70°C e 80°C) e concentrações de emulsificante (2,5 % e 5 %) pode ser observada na **Figura 18**.

Verificou-se falta de uniformidade para todas as amostras em todos os tratamentos avaliados. No entanto, por meio das fotomicrografias obtidas por MEV é possível observar que todas as amostras apresentaram cavidades em

sua estrutura oriundas provavelmente pelos espaços deixados pelas bolhas de ar, o que contribui para a porosidade da polpa de goiaba em pó. Desse modo, é possível afirmar que as concentrações de emulsificante utilizadas garantiram a estabilidade das espumas durante o processo de secagem em camada de espuma, favorecendo a formação de uma estrutura porosa que contribui para a solubilização deste produto.

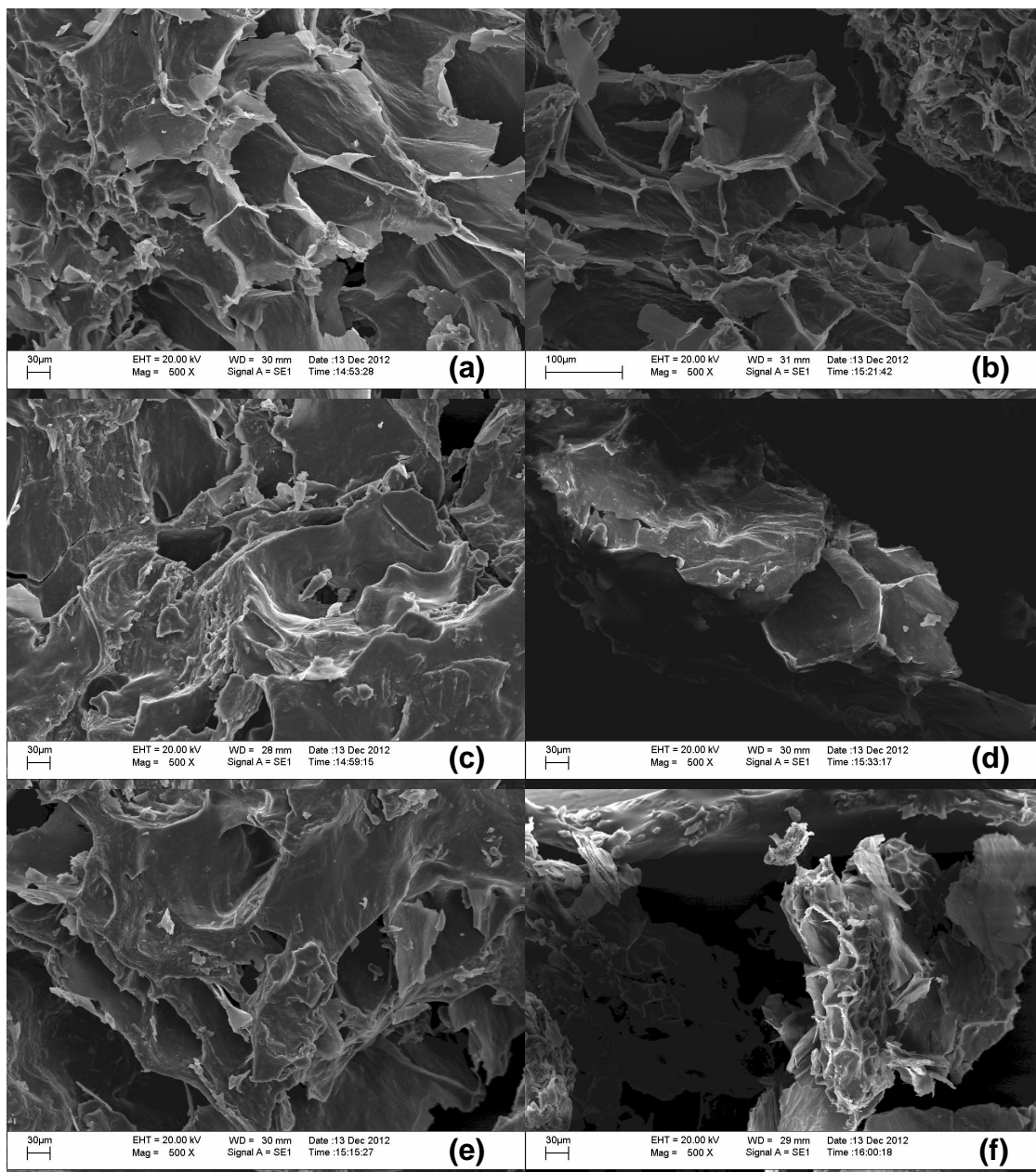


Figura 18 – Fotomicrografias (MEV) de polpas de goiaba em pó obtidas por secagem em camada de espuma. Tratamentos: Temperatura (concentração de emulsificante), (a) 60°C (2,5 %), (b) 60°C (5 %), (c) 70°C (2,5 %), (d) 80°C (5%), (e) 80°C (2,5 %), (d) 80°C (5 %).

5.5. Teste de aceitabilidade de refresco de goiaba

Segundo a Portaria nº 544, de 16 de novembro de 1998 (BRASIL, 1998), entende-se como refresco de goiaba a bebida não gaseificada, não fermentada, obtida pela diluição em água potável, do suco de goiaba, polpa ou extrato vegetal de goiaba, adicionada de açúcares, devendo o produto final conter no mínimo 15 % (v/v) de polpa de goiaba com 6°Brix (mínimo). O refresco preparado neste estudo foi obtido pela mistura de polpa de goiaba em pó reconstituída em água e adicionado de açúcar, estando em acordo com os requisitos estabelecidos pela portaria citada acima (**Figura 19**).

Para realização do teste de aceitação de refresco de goiaba, trinta e um julgadores não treinados, todos acima de 16 anos e predominantemente do sexo feminino (58,06 %), foram selecionados aleatoriamente entre funcionários, alunos e visitantes da Universidade Federal de Viçosa, considerando-se o interesse e a disponibilidade. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes da sessão sensorial.



Figura 19 – Refresco preparado a partir de polpa de goiaba em pó reconstituída utilizado no teste de aceitação sensorial.

Verificou-se pelos resultados obtidos que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da concentração de emulsificante utilizada na obtenção da polpa de goiaba em pó sobre os atributos sensoriais aroma, sabor, cor e impressão global dos refrescos de goiaba. As médias das notas obtidas pelo teste de

aceitação dos refrescos de goiaba indicam que a aceitação sensorial dos refrescos de goiaba variou entre desgostei ligeiramente (nota 4) a gostei ligeiramente (nota 6). A falta de diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras de refresco de goiaba verificada pelos julgadores no teste de aceitação ocorreu uma vez que entre as amostras de polpa de goiaba em pó também não foi verificada diferença quanto as propriedades físicas e químicas responsáveis por influenciar nos atributos sensoriais do refresco.

No que se refere ao atributo aroma (**Figura 20**), as duas amostras obtiveram frequências acumuladas de aceitação entre as notas 5 e 7 (indiferente e gostei moderadamente). A amostra contendo 2,5 % de emulsificante atingiu maior percentual das respostas (25,81 %) nas notas 5 e 7 (empate), enquanto que a amostra contendo 5 % de emulsificante atingiu maior percentual das respostas (35,48 %) na nota 5 (indiferente). O processo de desidratação pode estar associado a modificações no aroma da polpa de goiaba, uma vez que as substâncias voláteis do aroma podem ser perdidas com aquecimento em corrente de ar, fazendo com que os refrescos obtivessem menor aceitação para este atributo. Tendência semelhante foi relatada por Falade e Okocha (2012) e Kandasamy et al. (2012), respectivamente, em banana em pó reconstituída e suco de mamão preparado a partir de polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma.

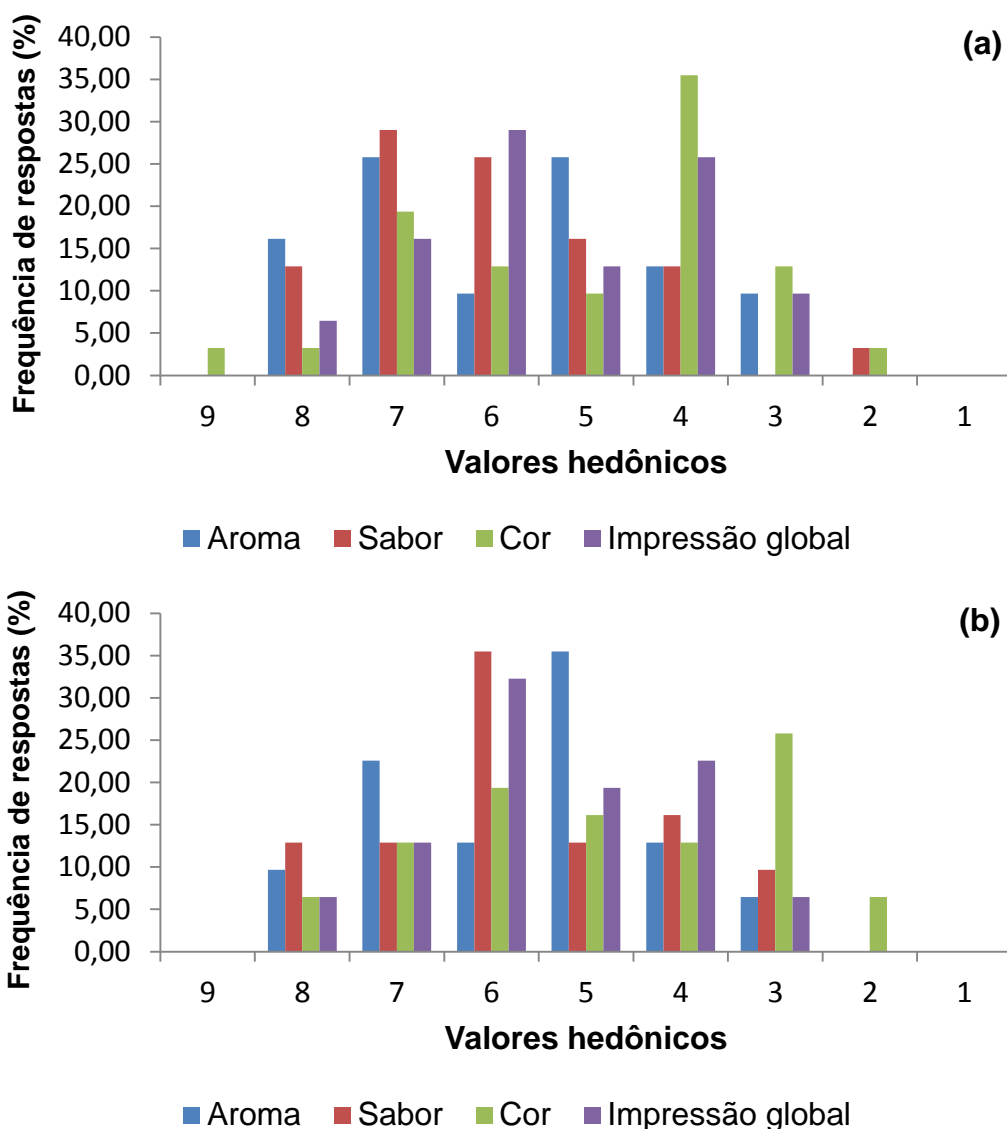


Figura 20 – Histogramas da aceitação sensorial de refrescos de goiaba contendo 2,5 (a) e 5,0% (b) de emulsificante em relação à frequência dos valores hedônicos atribuídos ao aroma, sabor, cor e impressão global.

O atributo sabor apresentou a maior aceitabilidade dentre os demais avaliados. A amostra contendo 2,5 % de emulsificante obteve frequências acumuladas de aceitação entre as notas 6 e 7 (gostei ligeiramente e gostei moderadamente), atingindo maior percentual das respostas (29,03 %) na nota 7. Já a amostra contendo 5 % de emulsificante obteve frequências acumuladas de aceitação na nota 6 (gostei ligeiramente), atingindo percentual de respostas de 35,48 %.

Quanto ao atributo cor, este apresentou a menor aceitabilidade dentre os demais atributos avaliados. As amostras contendo 2,5 % e 5 % de emulsificante obtiveram frequências acumuladas de aceitação nas notas 4 e 3 (desgostei ligeiramente e desgostei moderadamente), atingindo percentual de respostas de 35,48 % e 25, 81 %, respectivamente. Para o atributo impressão global, as duas amostras obtiveram frequências acumuladas de aceitação na nota 6 (gostei ligeiramente), atingindo percentual máximo de respostas de 29,03 % (2,5 %) e 32,3 % (5 %).

5.6. Fluxograma de obtenção de polpa de goiaba em pó por secagem em camada de espuma

Com base nos resultados alcançados neste trabalho, foi proposto um fluxograma para o processo de obtenção de polpa de goiaba em pó utilizando o método de secagem em camada de espuma, conforme apresentado na **Figura 21**.

Em relação à concentração de emulsificante foi selecionada a de 2,5 %, pois, embora tenha apresentado menor incorporação de ar nos testes de expansão, densidade e *over run*, além de maior dificuldade de desintegração e retirada da bandeja após a secagem, foi a que contribuiu para maior retenção de licopeno e β -caroteno na polpa de goiaba em pó. Além do mais, os refrescos preparados com a polpa contendo 2,5 % de emulsificante não diferiram estatisticamente daqueles contendo 5 % de emulsificante em todos os atributos avaliados no teste de aceitação sensorial, o que não justifica o uso de maior concentração do emulsificante, uma vez que isso ocasionaria maior custo de produção ao processo de secagem em camada de espuma.

Da mesma forma, foi selecionada a temperatura de 70°C como a melhor para secagem em camada de espuma de polpa de goiaba uma vez que propiciou maior retenção de vitaminas na polpa de goiaba em pó.

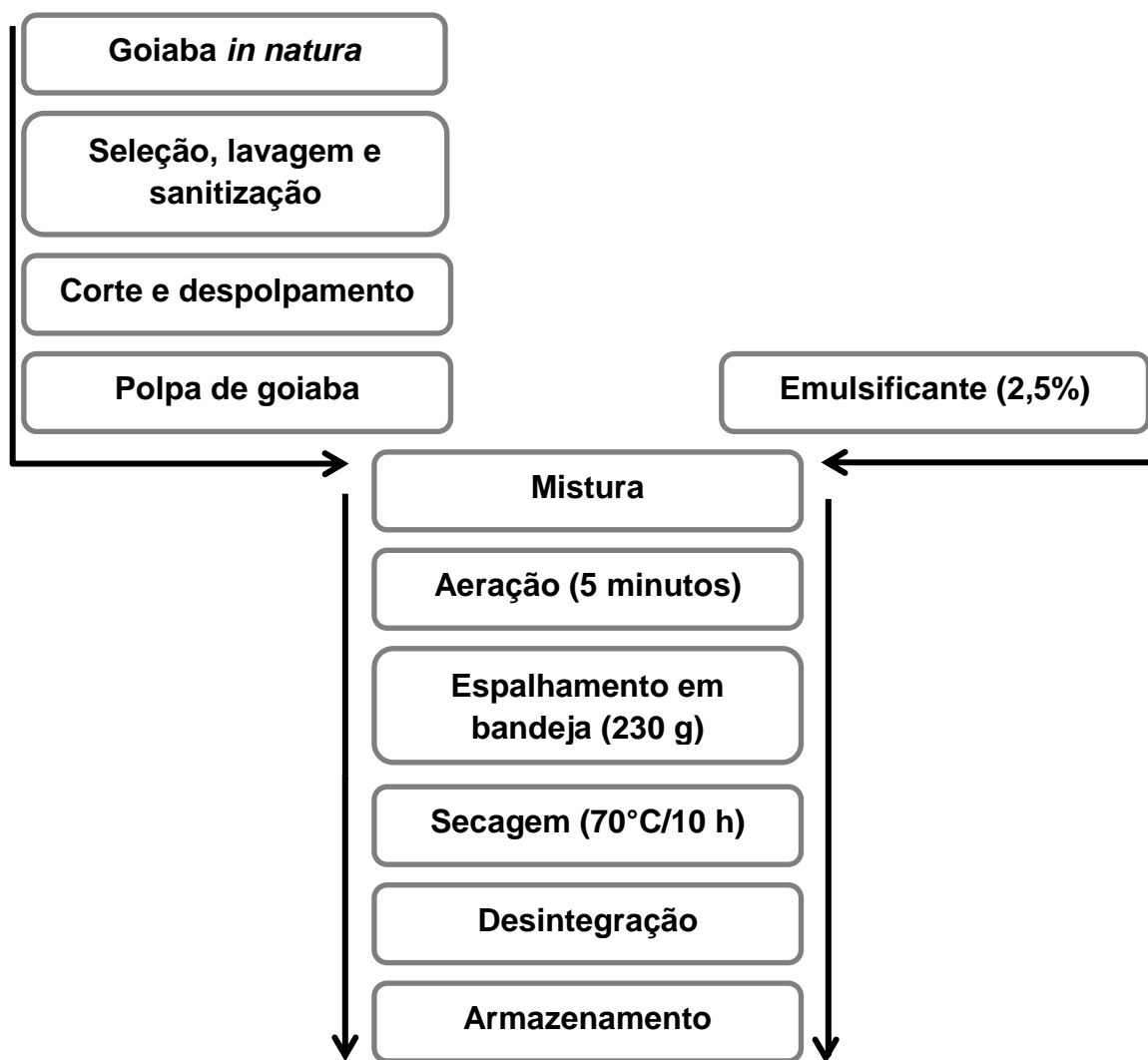


Figura 21 – Fluxograma de obtenção de polpa de goiaba em pó por secagem em camada de espuma.

6. CONCLUSÃO

A secagem em camada de espuma é uma alternativa promissora para a obtenção de polpa de goiaba em pó, uma vez que possibilita a retenção de componentes nutricionais de interesse neste produto como licopeno e β -caroteno, principalmente.

Baseado nos resultados obtidos nas análises de densidade, expansão, capacidade de incorporação de ar, estabilidade e análise microscópica das espumas, foram selecionadas as concentrações de 2,5 % e 5,0 % do emulsificante para adição a polpa de goiaba e posterior secagem em camada de espuma.

O efeito da temperatura de secagem foi comprovado apenas sobre as variáveis licopeno, β -caroteno e vitamina C das polpas de goiaba em pó, de modo que a concentração de 2,5 % de emulsificante e secagem a 70°C foi o tratamento que contribuiu para maior retenção desses componentes no produto. Além disso, os resultados observados nos testes de aceitação sensorial revelaram que maior concentração do emulsificante (5 %) em estudo não interferiu na aceitação de refrescos preparados com a polpa de goiaba em pó reconstituída.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWAL, S.; RAO, A. V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. **CMAJ**. v.163, n.6, p.739-744, 2000.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.7, n.1, p. 11-20, 2007.
- AMORIM, G. M.; SANTOS, T. C.; PACHECO, C. S. V.; TAVARES, I. M. C.; FRANCO, M. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de polpas de frutas comercializadas em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-GO, v.6, n.11, p.1-8, 2010. Disponível em: < <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20microbiologica.pdf> >. Acesso em: 23 de novembro de 2012.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 5 ed., Viçosa-MG, Ed. UFV, 2011. 601p.
- AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 139-145, 2004.
- 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.
- BALASUBRAMANIAN, S; PARIDHI, G.; BOSCO, J. D.; KADAM, D. M. Optimization of Process Conditions for the Development of Tomato Foam by Box-Behnken Design. **Food and Nutrition Sciences**, v.3, p.925-930, 2012.

- BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Desidratação da polpa de manga “*Tommy Atkins*” utilizando a técnica de *foam mat drying* - Avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.4, p. 283-290, out./dez. 2005.
- BERISTAIN, C. I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M. A.; DÍAZ, R. Obtainment of pineapple juice powder by foam-mat drying. **Arch Latinoam Nutr.** v.41, n.2, p.238-45, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 544, de 16 de novembro de 1998. Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial da União**, DF, 16 de nov. de 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**, DF, 10 de jan. de 2000.
- BREDA, C. A.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CORREIA, C. A. C. Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. **Food Chemistry**. v.135, p.2960–2964, 2012.
- BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L.; VARANDA, D. B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba ‘paluma’ armazenada a –20°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.25, n.3, p.394-396, 2003.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 32, n. 4, p. 1196-1205, Jaboticabal - SP, 2010.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine ‘Carabao’* var.) powder. **Journal of Food Engineering**. v.111, p.135–148, 2012.

CEAGESP, Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **A goiaba em números**. Disponível em:

<<http://www.ceagesp.gov.br/produtor/estudos/anexos/goiaba.pdf>>. Acessado em 01 de março de 2012.

CHAND, K.; PANDEY, R. K. Optimization of foam mat drying process variables for malta powder. **International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences (on line)**. v.2, n.2, p.67-73, 2012.

CHAVES, M. A.; BARRETO, I. M. A.; SOUZA, V. C.; SOUZA, B. S.; CHAVES, D. V. Characterization of pitanga roxa (*Eugenia uniflora* L.) powder produced from foam mat drying. In: XVI World Congress of Food Science and Technology, **Anais...**, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 2012. Disponível em: <<http://iufost.org.br/sites/iufost.org.br/files/anais/01604.pdf>>. Acesso em: 07 de novembro de 2012.

CHONG, C. H.; LAW, C. L. Drying of Exotic Fruits. In: **Vegetables and Fruits - Volume 2**, Ed. Jangam, S.V., Law, C.L. and Mujumdar, A.S., Singapore, p. 1-42, 2011.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, p. 5 – 10, 2003.

DANTAS, H. J.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E.; FARIAS, P. A.; ANDRADE, M. A. Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*). In: III Jornada Nacional da Agroindústria, Bananeiras, **Anais...**, 5 a 8 de agosto de 2008.

EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.13, n.2, p.76-81, 2006.

FALADE, K. O.; ADEYANJU, K. I.; UZO-PETERS, P. I. Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. **European Food Research and Technology**. v.217, p.486–491, 2003.

- FALADE, K. O.; OMOJOLA, B. S. Effect of processing methods on physical, chemical, rheological, and sensory properties of okra (*Abelmoschus esculentus*). **Food Bioprocess Technology**. v.3, p.387–394, 2010.
- FALADE, K. O.; OKOCHA, J. O. Foam-Mat Drying of Plantain and Cooking Banana (*Musa spp.*). **Food and Bioprocess Technology**, v.5, n.4, p.1173-1180, 2012.
- FALADE, K. O.; ONYEOZIRI, N. F. Effects of cultivar and drying method on color, pasting and sensory attributes of instant yam (*Dioscorea rotundata*) flours. **Food Bioprocess Technology**. v.5, p.879–887, 2012.
- FEBRIANTO, A.; KUMALANINGSIH, S.; ASWARI, A. W. Process engineering of drying milk powder with foam mat drying method: a study of the effect of the concentration and types of filler. **Journal of Basic and Applied Scientific Research**, v.2, n.4, p.3588-3592, 2012.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de Alimentos**. 2.ed, Editora Artmed, 2006. 608p.
- FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research** , v.43, p.228–265, 2004.
- FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.
- GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.
- GIANNAKOUROU, M. C.; TAOUKIS, P. S. Kinetic modeling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. **Food Chemistry**. v.83, p.33-41, 2003.
- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. **LWT**, v.38, p.479–487, 2005.
- HARMAYANI, E.; WINARTI, S.; NURISMANTO, R. Preparation of inulin powder from *Dioscorea Esculenta* tuber with foam mat drying method. In: **The 12th Asean Food Conference 2011**, 16 -18 June, 2011, Bangkok, Thailand.

Disponível em: < [http://technology.kku.ac.th/food-technology/AFC2011/index.asp_files/Full_Paper/Addition_Full\(072011\)/OJ_134\(Full\).pdf](http://technology.kku.ac.th/food-technology/AFC2011/index.asp_files/Full_Paper/Addition_Full(072011)/OJ_134(Full).pdf)>. Acesso em 08 de novembro de 2012.

IBIDAPO, O. P.; ERUKAINURE, O. L. Quality characteristics of foam mat dried papaya (Homestead var.) nectar. **International Journal of Food Nutrition and Safety**, v.1, n.3, p.127-136, 2012.

JACOMINO, A. P. **A cultura da goiabeira**. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/A%20CULTURA%20DA%20GOIABEIRA.pdf>>. Acessado em: 06 de março de 2012.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. Artmed, ed.6, Porto Alegre, 2006.

KADAM, D. M.; SAMUEL, D. V. K.; CHANDRA, P.; SIKARWAR, H. S. Impact of processing treatments and packaging materials on some properties of stored dehydrated cauliflower. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, p.1-14, 2008.

KADAM, D. M.; NANGARE, D. M.; OBEROI, H. S. Influence of pretreatment on microbial load of stored dehydrated onion slices. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.1902–1908, 2009.

KADAM, D. M.; PATIL, R. T.; KAUSHIK, P. Foam Mat Drying of Fruit and Vegetable Products. **In: Drying of Foods, Vegetables and Fruits**, v.1, p.111-124, Singapore, 2010.

KADAM, D. M.; RAI, D. R.; PATIL, R.T.; WILSON, R. A.; KAUR, S.; KUMAR, R. Quality of fresh and stored foam mat dried Mandarin powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, p.793–799, 2011.

KADAM, D. M.; BALASUBRAMANIAN, S. Foam mat drying of tomato juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.35, p.488-495, 2011.

KADAM, D. M.; KAUSHIK, P.; KUMAR, R. Evaluation of guava products quality. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering.**, v.2, n.1, p.7-11, 2012.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI, D. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**. August 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, n.3, p. 337–343, 1999a.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C.. Characteristics of foam prepared from starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree by using methyl cellulose. **Food Hydrocolloids**, v.13, n.3, p.203–210. 1999b.
- KAUSHAL, M.; SHARMA, P. C.; SHARMA, R. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather. **Journal of Food Science and Technology**. v.48, n.1, p.1-8, 2011.
- KIST, B. B. et al. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2012**. Ed. Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 2012. 128 p.
- KNOCKAERT, G.; PULISSERY, S. K.; COLLE, I.; BUGGENHOUT, S. V.; HENDRICKX, M.; LOEY, A. V. Lycopene degradation, isomerization and in vitro bioaccessibility in high pressure homogenized tomato puree containing oil: Effect of additional thermal and high pressure processing. **Food Chemistry**, v.135, p.1290–1297, 2012.
- KRASAEKOOPT, W.; BHATIA, S. Production of Yogurt Powder Using Foam-Mat Drying. **AU Journal of Technology**. v.15, n.3, p.166-171, Jan. 2012.
- KUDRA, T.; RATTI, C. Process and energy optimization in drying of foamed materials. **Вестник ТГТУ**. v.14, n.4, 2008.
- LAU, K.; DICKINSON, E. Structural and Rheological Properties of Aerated High Sugar Systems Containing Egg Albumen. **Journal of Food Science**, v.69, n.5, p.232–239, 2004.
- LAGO-VANZELA, E. S.; NASCIMENTO, P.; FONTES, E. A. F.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.420-425, 2013.
- LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.16, n.2, p.216–221, 2012.

LUZ, L. M.; SCHEMIN, M. H. C.; FRANCISCO, A. C. Desidratação do extrato hidrossolúvel de soja pelo método *foam mat*. **Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: agroindústria, energia e meio ambiente**, v.2, n.13, 2008.

Disponível em: <<http://www.pg.cefetpr.br/coali/livro/volume2/artigos/013.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2012.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; MELO, E. C.; CARNEIRO, A. P. S. Avaliação colorimétrica de folas secas de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, p.131-140.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v.135, p.1520–1526, 2012.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.2, p.265-273, mar./abr., 2006.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Mechanical changes in freeze-dried strawberry powder as affected by water activity, glass transition and carbohydrate polymers addition. **Journal of Food Engineering**. v.97, 2010.

MURPHY, E. W.; CRINER, P. E.; GRAY, B. Comparison of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. **J. Agric. Food Chem.**, v.23, p.1153-1157, 1975.

MUTHUKUMARAN, A.; RATTI, C.; RAGHAVAN, V. Foam-mat freeze drying of egg white and mathematical modeling Part I optimization of egg white foam stability. **Drying Technology**, v.26, n.3, p.508–512, 2008.

NETO, A. P. Goiaba vermelha, fonte de riqueza à saúde, ao trabalho e às nações. In: **Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado**. Ed. UFV, 1º ed., p.39-51, Viçosa, MG, 2003. 402p.

OETTERER, M. **Aula de Química de Alimentos: Escurecimento não enzimático**. Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Quimica%20de%20Alimentos%20-%20Escurecimento%20nao%20enzimatico.pdf> >. Acessado em 04/11/12.

OLIVEIRA, D. S.; LOBATO, A. L.; RIBEIRO, S. M. R.; SANTANA, A. M. C.; CHAVES, J. B. P.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Carotenoids and Vitamin C during handling and distribution of guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) at commercial restaurants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.6166–6172, 2010.

ORTEGA, F. S.; INNOCENTINI, M. D. M.; VALENZUELA, F. A. O.; PANDOLFELLI, V. C. Efeito da técnica de aeração sobre a macroestrutura e a permeabilidade de espumas cerâmicas produzidas via “gelcasting”. **Cerâmica**, v.48, n.306, Abr/Mai/Jun 2002.

OSÓRIO, C.; CARRIAZO, J. G.; BARBOSA, H. Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava* L) powders obtained by two dehydration methods. **Química Nova**, v.34, n.4, p.636-640, 2011.

OSÓRIO, C.; FORERO, D. P.; CARRIAZO, J. G. Characterisation and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L) microencapsulates obtained by spray-drying. **Food Research International**, v.44, p.1174-1181, 2011.

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Characterization of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 20, n. 1, p. 11-19, Jan, 1986.

PEREIRA, L. M.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; HUBINGER, M. D. Microscopic features, mechanical and thermal properties of osmotically dehydrated guavas. **LWT-Food Science and Technology**. v.42, p.378-384, 2009.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. et al. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry [S.I.]**, v. 61, n. 1-2, p. 145-151, 1998.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leito de espuma.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009.

PINTO, M. R. M. R. **Obtenção de extratos de carotenoides de polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) encapsulados pelo método de secagem em camada de espuma.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2012.

PRAKOTMAK, P.; SOPONRONNARIT, S.; PRACHAYAWARAKORN, S. Modelling of moisture diffusion in pores of banana foam mat using a 2-D stochastic pore network: Determination of moisture diffusion coefficient during adsorption process. **Journal of Food Engineering**, v.96, p.119–126, 2010.

QUEIROZ, V. A. V.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; GRAVINA, G. A.; QUEIROZ, L. R.; SILVA, J. A. Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem complementar por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.2, p. 329-340, 2008.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**, v.71, n.3, p.142-151, 2006.

RAHMAN, M. S.; PERERA, C. O. Drying and Food Preservation. **In: Handbook of food preservation**. Ed. CRC Press – Taylor & Francis Group, 2 ed., 2007.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C. Foam Mat Drying of Alphonso Mango Pulp. **Drying Technology**, v.35, n.2, p. 357-365, 2007a.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v.79, p. 1452-1459, 2007b.

- RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.275–283, 2012.
- RAMOS, A. M.; FREITAS, G. B.; NEVES, E. G. F.; FREITAS, L. M. S. **Goiaba: Boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria**. ed. Suprema, Viçosa, MG, 2010. 90p.
- RAO, A. V.; RAO, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v.55, p.207–216, 2007.
- RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of foamed biological materials: opportunities and challenges. **Drying Technology**, v.24, n.9, p.1101–1108, 2006.
- RODRIGUES, C. M. A.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. É possível prevenir perdas de vitaminas em alimentos? **Nutrição em Pauta**; v.63, p.12-18, 2003.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Carotenoid changes in ripening *Momordica charantia*. **Annals of Botany [S.I.]**, v. 40, p. 615-624, 1976.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute and International Center for Tropical Agriculture. 2004.
- SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foam in gaud drying behavior of ripe bananas. **Food Science and Technology**, v.37, n.1, p. 517-525, 2004.
- SHARMA, A.; SEHRAWAT, S. K.; SINGHROT, R. S.; TELE, A. Morphological and Chemical Characterization of *Psidium* Species. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. v.38, n.1, p.28-32, 2010.
- SHRESTHA, L. K.; SHRESTHA, R. G.; SHARMA, S. C.; ARAMAKI, K. Stabilization of nonaqueous foam with lamellar liquid crystal particles in diglycerol monolaurate/olive oil system. **Journal of Colloid and Interface Science**. v.328, p.172–179, 2008.
- SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1179-1184, set-out, 2005.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, nov./dez., 2008.

SILVA, D. S.; MAIA, J. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; COSTA, J. M. C.; FONSECA, A. V. V. Estabilidade de componentes bioativos do suco tropical de goiaba não adoçado obtido pelos processos de enchimento a quente e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.237-243, jan.-mar. 2010.

SILVEIRA, M. Preparo de amostras biológicas para microscopia eletrônica de varredura. In: SOUZA, W.; HADDAD, A.; SESSO, A.; SILVEIRA, M.; BARTH, O. M.; MACHADO, R. D.; SOUTO-PADRÓN, T. **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica**. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v. 1, p. 71-79, 1989.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, J. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA JR., A.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* d.c.) pelo processo "foam-mat". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.164-170, maio-ago. 2001.

SOUZA, A. C. G. Industrialização de polpa e suco de goiaba. In: **Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado**. Ed. UFV, 1º ed., p.369-380, Viçosa, MG, 2003. 402p.

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

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. **LWT - Food Science and Technology**. v.47, n.2, p.348–357, 2012.

VIEIRA, H.; FIGUEIREDO, 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.

VISHWANATHAN, K. H.; HEBBAR, H. U.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Hot air assisted infrared drying of vegetables and its quality. **Food Science and Technology Research**, v.16, n.5, p.381 – 388, 2010.

WAGNER, C. J.; BISSETT, O. W.; BERRY, R. E. Bulk density and reconstitution rates of foam-mat dried citrus powders. **Florida State Horticultural Society**, 1964. Disponível em: <
[http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1964%20Vol.%2077/311-315%20\(WAGNER\).pdf](http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1964%20Vol.%2077/311-315%20(WAGNER).pdf) >. Acesso em 07 de novembro de 2012.

WIDYASTUTI, T. E. W.; SRIANTA, I. Development of functional drink based on foam-mat dried papaya (*Carica papaya* L.): optimisation of foam-mat drying process and its formulation. **International Journal of Food, Nutrition and Public Health**, v.4, n.2, 2011.

WILBERG, V. C.; RODRÍGUEZ-AMAYA, B. D. HPLC quantitation of mayor carotenoids of fresh and processed guava and papaya. **LWT**, v.28, n.5, p.474-480, 1995.

ZENEBON, O.; PASCUCT, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

APÊNDICE

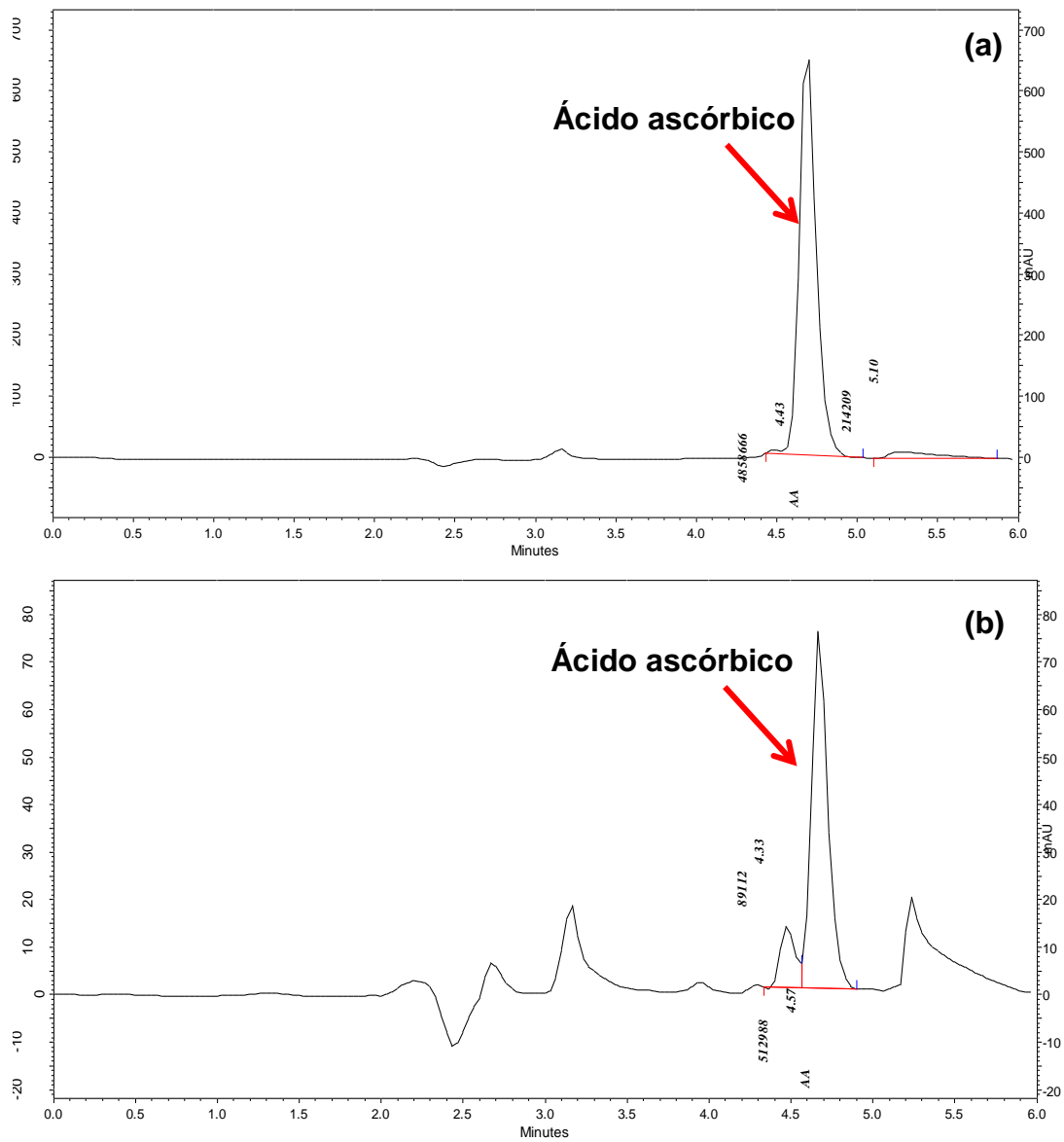


Figura 1A – Cromatogramas da análise (CLAE) de ácido ascórbico em (a) goiaba *in natura* e em (b) goiaba em pó.

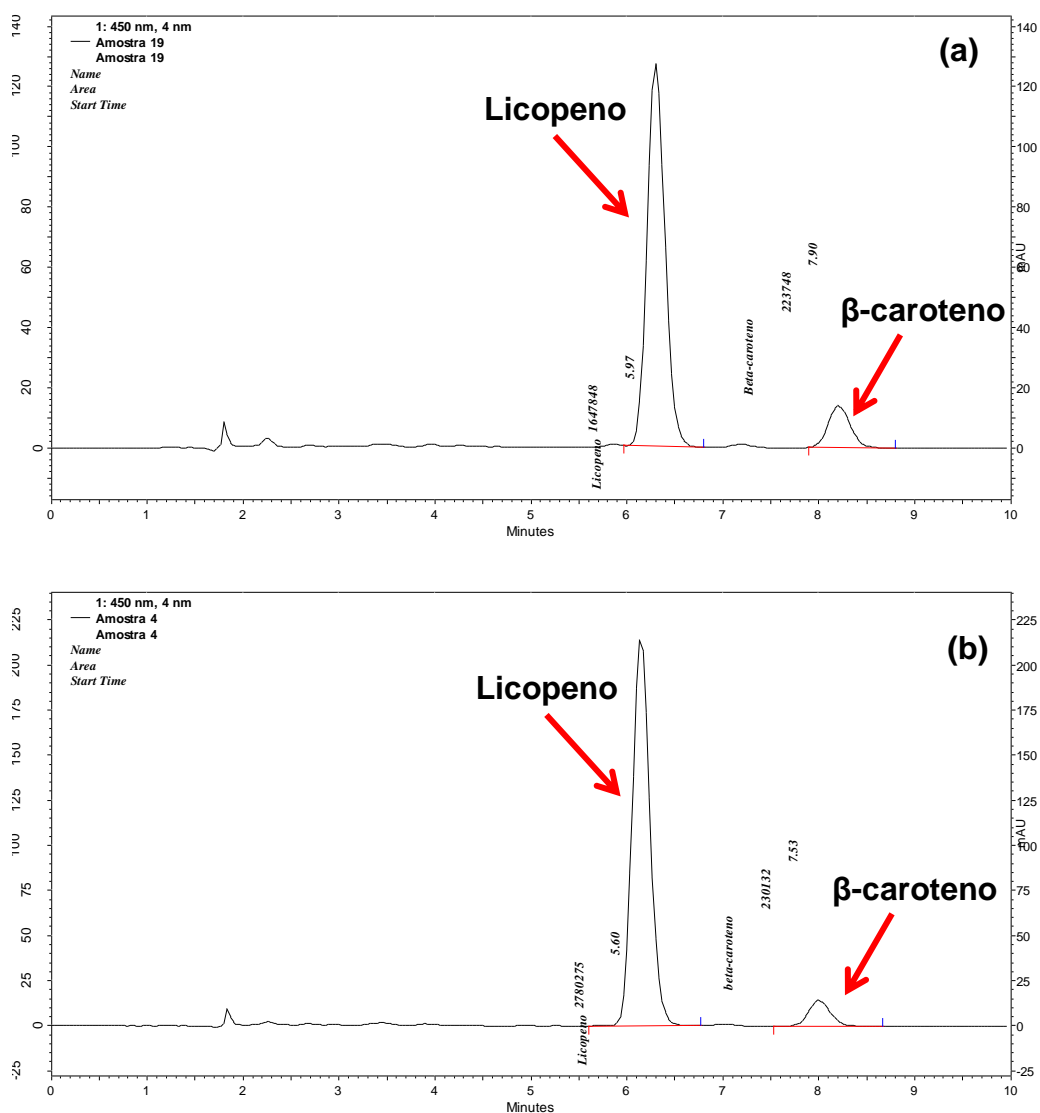


Figura 2A – Cromatogramas da análise (CLAE) de Licopeno e β -caroteno em (a) goiaba *in natura* e em (b) goiaba em pó.

Tabela 1A - Resumo da Análise de Variância (ANOVA) da **densidade**, **percentual de expansão** e **over run** de espumas de polpa de goiaba.

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Densidade	Expansão	Over run
C.E.	4	0,2484 *	481,0965 *	15783,6076 *
Resíduo	10	0,0065	23,3000	1494,1613
Total	14	0,2549	504,3965	17277,7688

C.E. = Concentração de emulsificante. *significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2A - Resumo da Análise de Variância (ANOVA) da **Estabilidade** de espumas de polpa de goiaba ao longo do tempo.

F.V.	G.L.	Q.M.
C.E.	3	4,4157 ^{ns}
Erro (a)	8	1,7857
Tempo	6	5,5308 *
Tempo * CE	18	0,3231 *
Erro (b)	48	0,1190

C.E. = Concentração de emulsificante.

^{ns}não significativo e *significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3A - Resumo da Análise de Regressão da **Estabilidade** de espumas de polpa de goiaba ao longo do tempo.

F.V.	G.L.	Q.M.			
		2,5 %	5 %	7,5 %	10 %
Regressão	1	15,8601 *	15,0030 *	2,3333 *	4,5268 *
Faj	5	0,1423 ^{ns}	0,0565 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0565 ^{ns}
Tempo	6	2,7619 *	2,5476 *	0,3889 *	0,8016 *
Erro (b)	48	0,1190	0,1190	0,1190	0,1190

^{ns}não significativo e *significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

$$r^2_{(2,5\%)} = 0,9571 \quad r^2_{(5\%)} = 0,9815 \quad r^2_{(7,5\%)} = 1,00 \quad r^2_{(10\%)} = 0,9412$$

Tabela 4A - Resumo da Análise de Variância (ANOVA) para as variáveis teor de água, atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT), vitamina C, licopeno, β -caroteno, coordenadas de cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^*) e solubilidade de polpa de goiaba em pó obtida por secagem em camada de espuma.

Fonte de Variação	G.L	QM						
		Teor de água	Aa	pH	ATT	Vitamina C	Licopeno	β -caroteno
CE	1	11,0137*	0,0009 ^{n.s}	0,0128*	0,0003*	271,0568*	5753,7840*	17,3657*
Erro (a)	4	1,1193	0,0028	0,0047	0,00001	2,7662	270,2429	0,9320
TS	2	0,4117 ^{n.s}	0,0088 ^{n.s}	0,0148 ^{n.s}	0,0002 ^{n.s}	13,8053 ^{n.s}	4572,4009*	15,9146*
CE * TS	2	3,8534 ^{n.s}	0,0025 ^{n.s}	0,0080 ^{n.s}	0,00002 ^{n.s}	10,6328*	3382,9882*	18,8303*
Erro (b)	8	0,08724	0,0021	0,0037	0,00004	6,8954	561,3972	1,6713
		L^*	a^*	b^*	h^*	C^*	Solubilidade	
CE	1	71,6005*	1,8688 ^{n.s}	64,9800*	50,5347*	53,0793*	4,2050 ^{n.s}	
Erro (a)	4	2,8872	0,8911	2,2028	1,3659	2,7131	0,5780	
TS	2	0,1905 ^{n.s}	0,9216 ^{n.s}	0,6805 ^{n.s}	4,6272 ^{n.s}	0,3154 ^{n.s}	0,7395 ^{n.s}	
CE * TS	2	0,2938 ^{n.s}	0,1072 ^{n.s}	0,0516 ^{n.s}	0,1972 ^{n.s}	0,0564 ^{n.s}	0,6679 ^{n.s}	
Erro (b)	8	2,3730	0,7086	0,5511	1,7035	0,8267	0,5796	

CE - Concentração de Emulsificante; TS – Temperatura de Secagem.

^{n.s} não significativo e * significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5A - Resumo da Análise de Variância (ANOVA) dos atributos **aroma**, **sabor**, **cor** e **impressão global** de refrescos de goiaba preparados a partir de polpa de goiaba em pó reconstituída.

F.V.	G.L.	Q.M.			
		Aroma	Sabor	Cor	I.G.
C.E.	1	0,4032 ^{n.s}	1,9516 ^{n.s}	0,1451 ^{n.s}	0,0645 ^{n.s}
Erro	60	2,2796	2,1516	2,8473	1,9440
Total	61	2,6828	4,1032	2,9924	2,0085

C.E. = Concentração de emulsificante.

I.G. = Impressão global

^{n.s} = não-significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste t.

ANEXOS

Anexo 1 – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFV.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-CEP/UFV

Campus Universitário – Divisão de Saúde -Viçosa, MG - 36570-000 - Telefone: (31) 3899-3783 – e-mail: cep@ufv.br

Of. Ref. Nº 191/2012/CEP/07-12-15

Viçosa, 18 de dezembro de 2012

Prezado Pesquisador:

Cientificamos Vossa Senhoria de que o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, em sua 7ª Reunião de 2012, 2ª sessão, realizada em 17 de dezembro de 2012, analisou e **APROVOU** o projeto de pesquisa intitulado “*Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma*”.

Esclarecemos que, quando da conclusão do projeto, é necessário o envio à Secretaria do CEP/UFV do relatório final nos termos do item VII, 13, da Resolução CNS n. 196/96, com o fim de verificar os aspectos éticos da realização do trabalho.

Atenciosamente,


Professora Patrícia Aurélio Del Nero

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFV

Presidente

Ao Pesquisador

Afonso Mota Ramos

Departamento de Tecnologia de Alimentos - DTA

Anexo 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIMENTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Av. P.H. Rolfs S/N - Campus Universitário. Viçosa, MG. – CEP.:
36570.000

Eu _____
_____, CPF nº _____ estou ciente dos objetivos e metodologia e concordo em participar da pesquisa denominada “**Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**”, desenvolvida pelo Departamento de Tecnologia e Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, sob a coordenação do professor Afonso Mota Ramos.

Autorizo os autores do estudo a utilizar as informações decorrentes de questões por mim respondidas para elaborar relatórios e artigos para divulgação em encontros e publicações acadêmico-científicas.

Estou ciente dos procedimentos e concordo em participar da sessão de análise sensorial de refresco de goiaba como voluntário, sem contrato de trabalho e sem qualquer tipo de remuneração ou gratificação. Também estou ciente do sigilo das informações que prestarei e do direito de me retirar da pesquisa a qualquer momento que desejar.

Viçosa, _____ de _____ de 2012.