

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS COM POLPA DE  
GOIABA E FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA E CINÉTICA  
DA SECAGEM E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS  
RESÍDUOS**

Autora: Lígia Campos de Moura  
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Geovana Rocha Plácido  
Coorientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Rio Verde – GO  
Agosto – 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS COM POLPA DE  
GOIABA E FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA E CINÉTICA  
DA SECAGEM E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS  
RESÍDUOS**

Autora: Lígia Campos de Moura  
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>.Geovana Rocha Plácido  
Coorientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – CampusRio Verde – Área de concentração Produção animal.

Rio Verde – GO  
Agosto– 2016

Moura, Lígia Campos

M929a            Desenvolvimento de Bebidas Lácteas com Polpa de  
Goiaba e Farinha da Casca de Jaboticaba e Cinética da Secagem  
e Composição Físico-Química dos Resíduos / Lígia Campos de  
Moura. – Rio Verde. – 2016.  
73f. : Il. 21.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio  
Verde, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.

1. Guava. Mathematical modeling of drying. 2. Jaboticaba. I.  
Título II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

CDD: 634

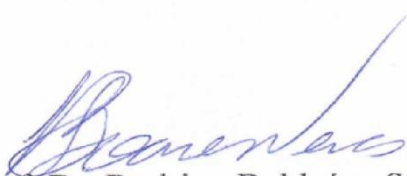
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS COM  
POLPA DE GOIABA E FARINHA DA CASCA DE  
JABUTICABA E CINÉTICA DA SECAGEM E  
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS RESÍDUOS**


Autora: Lígia Campos de Moura  
Orientador: Marco Antônio Pereira da Silva

*TITULAÇÃO:* Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia  
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

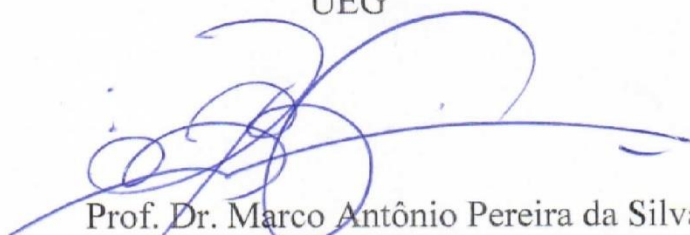
APROVADA em 02 de agosto de 2016.



Prof. Dr. Rodrigo Balduino Soares  
Neves  
*Avaliador externo*  
UEG



Prof. Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira  
*Avaliador externo*  
IF Goiano/Iporá



Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva  
*Presidente da banca*  
IF Goiano/RV



Prof. Dr. Karen Martins Leão  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano/RV

*Dedico a Deus, aos meus Pais, meu esposo Nelmício, minha tia Maria, meu irmão Gabriel e minha vó Jardelina (inmemoriam).*

## AGRADECIMENTOS

A minha Mãe, que tanto amo e por você me solidifico, é minha base em tudo. Ao meu pai Valmir Pinto de Moura, pois sem seus esforços não chegaria onde estou hoje, ao meu esposo Nelmício, que sempre esteve me incentivando com sua dedicação, sou eternamente grata a minha avó, que hoje não se encontra conosco, mas que me apoiou bastante, e hoje se orgulharia de mim com certeza, ao meu irmão Gabriel e tia Maria, que me ajudaram no que precisei sem medir esforços e sempre estavam felizes pelas minhas conquistas.

Ao meu orientador Marco Antônio Pereira da Silva, pela confiança depositada ao desenvolver as atividades estabelecidas, pela contribuição e valiosos ensinamentos que levarei como guia para minha vida tanto profissional como pessoal. Obrigada pela disponibilidade para a orientação deste trabalho, sempre esteve disposto a ajudar no que fosse preciso, hoje reconheço o quanto pude ser beneficiada por pertencer ao LPOA. Como você diz: orientador igual você será difícil encontrar.

Ao professor Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, pela coorientação e paciência, dedicação, transmitindo conhecimentos nos momentos de dúvidas, que foram vários.

A professora Geovana Rocha Plácido, por aceitar o convite para coorientação.

Ao Professor Osvaldo Resende, por disponibilizar laboratórios para realização de análises.

Aos professores Rodrigo Balduino Soares Neves e Karen Leão, por aceitarem o convite para banca da dissertação, e contribuir para melhoria deste trabalho.

Aos meus amigos do laboratório LPOA, em especial a Diene, pelo companheirismo e confiança, pela amizade que desenvolvemos durante esses dois anos, também pelas sugestões concedidas ao longo do trabalho. E, a todos meus amigos do laboratório: Núbia, Guilherme, Ruthete, Yasmine, Ranio, Matheus, Lais, Luiz Eduardo, Marília, entre outros, pelo apoio nos momentos difíceis, demonstrado no afeto e nas palavras de incentivo.

Ao laboratório LQL, pela disponibilidade de realizar as análises da qualidade de leite para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao apoio financeiro obtido junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do Edital de Apoio a Projetos de Pesquisa / Chamada CNPq-SETEC/MEC Nº 17/2014 - Linha 1: PD&I.

Aos órgãos CAPES, pelo financiamento da bolsa, e Fapeg e Finep, pelo apoio financeiro a pesquisa.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Lígia Campos de Moura, filha de Valmir Pinto de Moura e Alda Costa Campos de Moura, nasceu no dia 27 de abril de 1990, na cidade de Alta Floresta, Mato Grosso. Em fevereiro de 2008, ingressou no curso de Engenharia de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, graduando-se em agosto de 2014. Em 2011, durante o curso superior ingressou na Iniciação Científica (IC), na área de Pós-Colheita de frutos do Cerrado, como bolsista (PIBIC/CNPq), sob a orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Luciana Cristina Vitorino, até o ano de 2013. Em agosto de 2014, iniciou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação do Professor Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.



## ÍNDICE

	Página
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>OBJETIVOS</b> .....	17
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	17
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	17
<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
Goiaba e Jabuticaba.....	19
Aproveitamento de resíduos de frutos no processamento de bebidas lácteas.....	19
Secagem de alimentos.....	20
Farinhas obtidas a partir de resíduos de frutos tropicais.....	20
Formulações de bebidas lácteas com polpa de frutos tropicais.....	21
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	22
<b>CAPÍTULO I: BEBIDAS LÁCTEAS SABORIZADAS COM GOIABA ACRESCIDA DE FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA</b> .....	24
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
Obtenção da Farinha da casca da jabuticaba.....	26
Polpas de Goiaba, Leite e Soro.....	26
Processamentos das bebidas lácteas.....	27
Avaliações do Leite e Soro.....	27
Avaliações da polpa de goiaba e bebidas lácteas.....	27
Composição centesimal e físico-química.....	27
Atividade antioxidante total e fenólicos totais.....	28
Coordenadas colorimétricas.....	28
Viabilidade de bactérias lácticas.....	29
Sensorial.....	29
Análise estatística.....	30
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38
<b>CAPÍTULO II: CINÉTICA DA SECAGEM E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CASCA DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i>)</b> .....	42
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	42

MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Matéria-Prima.....	44
Secagem da casca da goiaba.....	44
Modelagem Matemática da secagem da casca da goiaba.....	45
Coeficiente de Difusão Efetivo e Energia de Ativação.....	46
Propriedades Termodinâmicas da Secagem.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
Cinética de secagem e modelagem matemática.....	47
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
<b>CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DA CASCA GOIABA (<i>Psidiumguajava</i>).....</b>	<b>57</b>
INTRODUÇÃO.....	58
MATERIAL E MÉTODOS.....	58
Matéria-prima.....	58
Obtenção da Farinha da casca da jabuticaba.....	58
Composição centesimal.....	59
Coordenadas Colorimétricas.....	59
Atividade Antioxidante Total e Fenólicos Totais.....	59
Perfil de minerais.....	60
Microscopia Eletrônica de Varredura.....	60
Análise Estatística.....	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO I: BEBIDAS LÁCTEAS SABORIZADAS COM GOIABA ACRESCIDA DE FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA.....</b>	24
<b>Tabela 1-</b> Composição nutricional da farinha da casca da jabuticaba.....	26
<b>Tabela 2</b> -Valores médios e desvio padrão da umidade ( $\text{g}100 \text{ g}^{-1}$ ), cinzas ( $\text{g}100 \text{ g}^{-1}$ ), proteína ( $\text{g}100 \text{ g}^{-1}$ ), gordura ( $\text{g}100 \text{ g}^{-1}$ ) e parâmetros de cor de bebidas lácteas de goiaba enriquecidas de farinha da casca de jabuticaba.....	35
<b>Tabela 3</b> - Resultados médios e desvio padrão da análise sensorial dos parâmetros cor, sabor, aroma, textura e intenção de compra (IC) das bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.....	37
<b>CAPÍTULO II: CINÉTICA DA SECAGEM E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CASCA DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i>).....</b>	42
<b>Tabela 1</b> - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.....	45
<b>Tabela 2</b> -Valores para o teste de <i>Qui</i> -quadrado ( $\chi^2$ , decimal) e erro médio estimado (SE, decimal) calculados para os onze modelos utilizados na representação da cinética de secagem das cascas de goiaba.....	49
<b>Tabela 3</b> -Erro médio relativo e coeficiente de determinação ( $P$ , $R^2$ , %) durante a secagem das cascas de goiaba a 45, 55, 65 e 75°C.....	50
<b>Tabela 4</b> -Parâmetros do modelo Midilli ajustados para as diferentes condições de secagem das cascas de goiaba, com a respectiva equação em função da temperatura.....	51
<b>Tabela 5</b> -Valores de entalpia ( $H$ , $\text{J mol}^{-1}$ ), entropia ( $S$ , $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) e energia livre de Gibbs ( $G$ , $\text{J mol}^{-1}$ ) para diferentes condições de ar de secagem das cascas de goiaba.....	53
<b>CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DA CASCA DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i>).....</b>	57
<b>Tabela 1</b> - Valores médios e desvio padrão do Perfil de minerais ( $\text{mg}/100\text{g}$ ) da farinha da casca de goiaba submetidas à secagem nas temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO I: BEBIDAS LÁCTEAS SABORIZADAS COM GOIABA ACRESCIDA DE FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA.....</b>	23
<b>Figura 1</b> – pH de bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.....	32
<b>Figura 2</b> – Acidez titulável da polpa de goiaba bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.....	33
<b>Figura 3</b> -Viabilidade de bactérias lácteas em bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.....	36
<b>CAPÍTULO II: CINÉTICA DA SECAGEM E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CASCA DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i>).....</b>	44
<b>Figura 1</b> - Razão de teor de água da casca de goiaba ao longo do tempo de secagem em quatro condições de temperatura.....	50
<b>Figura 2</b> - Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo Midilli para a secagem das cascas de goiaba, nas diversas condições de temperatura.....	52
<b>Figura 3</b> -Coeficiente de difusão efetivo (A) e a representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo (B) obtido para a secagem das cascas de goiaba nas temperaturas de 45, 55, 65, e 75 °C.....	53
<b>CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DA CASCA DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i>).....</b>	59
<b>Figura 1</b> - Eletromicrografias de varredura, em aproximações de 300x da farinha da casca de goiaba submetida à secagem nas temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C.	68

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>Símbolo</b>	<b>Sigla</b>
%	Por cento
$\Sigma$	Somatória
$\Delta G$	Energia livre de Gibbs (J.mol <sup>-1</sup> )
$\Delta H$	Entalpia (J.mol <sup>-1</sup> )
$\Delta S$	Entropia (J.mol <sup>-1</sup> )
A	Comprimento (m)
a*	Cromaticidade do verde (-80) a vermelho (+100);
a, b, c, n	Coefficientes dos modelos de secagem
AAT	Atividade antioxidante total (%)
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
B	Largura (m)
b*	Cromaticidade do azul (-50) ao amarelo (+70)
b.s.	Base seca
C	Espessura (m)
Ca	Cálcio (mg100 g <sup>-1</sup> )
CC	Coefficiente de concordância
Cm	Centímetro
Cu	Cobre (mg Kg <sup>-1</sup> )
CV	Coefficiente de variação
D	Coefficiente de difusão efetivo (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
D <sub>0</sub>	Fator pré-exponencial (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
D65	Iluminante luz do dia (temperatura correlatada de cor de 6.500 K)
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
E <sub>a</sub>	Energia de ativação (kJ mol <sup>-1</sup> )
EC <sub>50</sub>	Concentração inibitória (concentração eficiente ou equivalente controle)
FCG	Farinha da casca de goiaba
AA	Atividade antioxidante
FT	Fenólicos totais
FCJ	Farinha da casca de jabuticaba
Fe	Ferro (mgKg <sup>-1</sup> )
h <sub>p</sub>	Constante de Planck (6,626 x 10 <sup>-34</sup> Js <sup>-1</sup> )
IF Goiano	Instituto Federal Goiano
K	Potássio (mg100 g <sup>-1</sup> )
k, k <sub>0</sub> , k <sub>1</sub>	Constantes de secagem (hs <sup>-1</sup> )

$k_B$	Constante de Boltzmann ( $1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ )
$\text{Kg}^{-1}$	Por quilo
$L^*$	Luminosidade do preto (0) ao branco (+100)
M	Metro
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Mg	Miligrama
Mg	Magnésio ( $\text{mg}100 \text{ g}^{-1}$ )
mL	Mililitro
Mn	Manganês ( $\text{mgKg}^{-1}$ )
MRS	Man, Rogosa e Sharpe
N	Número de observações experimentais
$n_t$	Número de termos
P	Erro médio relativo
P	Fósforo ( $\text{mg}100 \text{ g}^{-1}$ )
pH	Potencial hidrogeniônico
R	Constante universal dos gases ( $8,134 \text{ kJkmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )
$R^2$	Coefficiente de determinação (%)
RX	Razão de teor de água (adimensional)
S	Área superficial ( $\text{m}^2$ )
SOH	Enxofre ( $\text{mg}100 \text{ g}^{-1}$ )
T	Tempo de secagem (s, hs)
$T_{ab}$	Temperatura absoluta (K)
UFC	Unidades formadoras de colônia
V	Volume ( $\text{m}^3$ )
X	Teor de água (decimal, b.s.)
$X_e$	Teor de água de equilíbrio (decimal, b.s.)
$X_i$	Teor de água inicial (decimal, b.s.)
Y	Valor observado experimentalmente
$\hat{Y}$	Valor estimado pelo modelo
Zn	Zinco ( $\text{mgKg}^{-1}$ )
$\chi^2$	<i>Qui</i> -quadrado

## RESUMO

Objetivou-se estudar as propriedades funcionais e nutricionais de bebidas lácteas saborizadas com polpa de goiaba e enriquecidas com farinha da casca da jabuticaba, assim como estudar a cinética de secagem e propriedades termodinâmicas da casca de goiaba para obtenção de farinha alimentícia, avaliando as propriedades nutricionais e funcionais. Foram avaliadas a composição físico-química, centesimal, sensorial, cor, viabilidade de bactérias lácteas das bebidas lácteas assim como a caracterização da polpa de goiaba. Notou-se que durante o período de armazenamento o pH diminuiu consideravelmente em todos os Tratamentos, enquanto a acidez aumentou. As bebidas lácteas com 15% de polpa de goiaba acrescidas de 1% de farinha da casca da jabuticaba obtiveram melhor aceitação. As maiores concentrações de polpa resultaram em tendência à cor amarela e vermelhas bebidas lácteas. A contagem de bactérias lácteas viáveis foi de magnitude  $10^6$  a  $10^8$  UFC/mL durante o armazenamento por 29 dias. As bebidas lácteas foram consideradas alimento funcional pela relativa capacidade antioxidante e compostos fenólicos, sendo recomendada para consumo as bebidas formuladas com 5% de polpa de goiaba. Foi realizada a cinética da secagem da casca de goiaba e ajustados os dados pelos modelos matemáticos utilizados para secagem de produtos agrícolas, assim como o estudo das propriedades termodinâmicas da casca: entalpia, entropia e energia de Gibbs nas temperaturas de secagem de 45, 55, 65 e 75°C. O modelo Midilli foi o mais adequado para representar o fenômeno de secagem. O coeficiente de difusão efetivo aumentou com a elevação da temperatura e a energia de ativação para a difusão líquida na secagem foi de 37,207 kJ mol. A entalpia e entropia aumentaram com o aumento da temperatura de secagem. Enquanto a energia livre de Gibbs aumentou com o aumento da temperatura de secagem. Para a caracterização das farinhas da casca de goiaba foram realizadas avaliações físico-químicas, composição centesimal, funcional, cor e MEV. Nas farinhas da casca de goiaba, observou-se redução no teor de água livre com exceção da temperatura de 55°C, com teor proteico intermediário, a secagem a 75°C ocasionou desnaturação das proteínas, destacando-se em seu potencial antioxidante, teor de fenólicos totais e baixo teor de lipídios. A secagem a 45°C foi a que mais se destacou para a manutenção da composição nutricional, atividade antioxidante e compostos fenólicos da farinha. A casca da goiaba é viável para o processo de obtenção da farinha, visando o enriquecimento dos alimentos, podendo ser utilizada em panificação, confeitaria, alimento infantil e produtos dietéticos e lácteos. A farinha do resíduo da goiaba pode ser apresentada como possível substituto dos ingredientes proteicos e energéticos na formulação de rações.

**Palavras-chave:** Goiaba. Modelagem matemática da secagem. Jabuticaba.





## ABSTRACT

The objective was to study the functional and nutritional properties of flavored fermented milk drinks with guava pulp and enriched with flour of jaboticaba peel, and to study the drying kinetics and thermodynamic properties of guava peel to obtain food meal, evaluating the nutritional and functional properties. There were evaluated the chemical-physical composition, proximate, sensory, color, viability of lactic bacteria of milk drinks as well as the characterization of guava pulp. It was noted that during the storage period the pH fell significantly in all treatments, while the acidity increased. The milk drinks that obtained better acceptance was the one with 15% of guava pulp plus 1% of flour jaboticaba peel. The highest pulp concentrations resulted in a tendency to yellow and red collos in milk drinks. The count of viable lactic acid bacteria was of magnitude  $10^6$ - $10^8$  UFC.mL<sup>-1</sup> during the storage time of 29 days. The milk drinks were considered a functional food by its antioxidant capacity and phenolics compounds reported being recommended for consumers the milk drink with 5% guava pulp. There were performed drying kinetic of Guava peel and adjusted data by the mathematical models used for drying agricultural products, as well as the study of thermodynamics properties of the peels; enthalpy, entropy, and Gibbs energy in drying temperatures of 45, 55, 65 and 75 ° C. The Midilli model was the best to represent the drying phenomenon. The effective diffusion coefficient increased with increasing temperature and the activation energy for liquid diffusion in drying was 37.207kJ mol. The enthalpy and entropy increased with increasing drying temperature. While the Gibbs free energy increased with increasing drying temperature. To characterize Guava peel flours were done evaluations of physical-chemical proximate composition, functional, color and SEM. In the flours of Guava peel was observed a reduction in free water content except for the temperature of 55°C, with intermediate protein amount, drying at 75 ° C resulted in proteins denaturation, highlighting in its antioxidant potential, total phenolic content, and low content of lipids. Drying at 45 ° C was the one that stood out for the maintenance of the nutritional composition and antioxidant activity and phenolic compounds of flour. The guava peel is viable for the process of obtaining flour, aiming at the enrichment of food and can be used in baking, confectionery, baby foods as well as dietary and dairy products. The flour of Guava residue can be presented as a possible replacement for protein and energy ingredients in feed formulation.

**Keywords:** Guava. Mathematical modeling of drying. Jaboticaba.

## INTRODUÇÃO GERAL

A indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, produz ao longo da cadeia produtiva grande quantidade de resíduos agroindustriais, além de inúmeros problemas ambientais. Essa quantidade de resíduos, segundo alguns autores, constitui 65% a 70% da massa total dos frutos, com algumas variações, conforme a espécie do fruto (SOUSA et al., 2011).

A goiaba é um fruto considerado muito importante dentro do contexto da fruticultura brasileira, o aumento no consumo deste fruto está associado à grande divulgação das qualidades nutricionais (ZANATTA et al., 2006).

A jaboticaba pode ser consumida *in natura* ou processada, sendo utilizada na fabricação de vinhos, geleia, sucos, licor, vinagre e compotas. Possui grande valor nutricional, alto teor de carboidratos, fibras, vitaminas, flavonoides e sais minerais como ferro, cálcio e fósforo principalmente, na casca (CARVALHO, 2006).

A desidratação das cascas de frutos torna-se mais uma maneira de evitar desperdícios (MORITA et al., 2005). A secagem também impede o crescimento de microrganismos e insetos e reduz a massa e o volume a serem transportados (ANDRADE et al., 2006).

Segundo Corrêa et al. (2008) a secagem é empregada visando, principalmente, a conservação de produtos perecíveis, pois permite diminuir o teor de água e o armazenamento por período mais longo.

Além disso, espera-se que esses alimentos possam contribuir para o fortalecimento da saúde e manutenção do bem-estar, retardando ao máximo o aparecimento de doenças (ALISSA & FERNS, 2012).

Derivados lácteos são muito consumidos no Brasil e, por este motivo, é um ótimo veículo de incorporação de ingredientes funcionais, esta imagem positiva pode

aumentar ainda mais com a adição de ingredientes funcionais (GUGGISBERG, 2007). Pois o consumidor moderno deseja alimentos que supram as exigências de forma saudável e que apresentem alto padrão sensorial (CRUZ et al., 2009).

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Estudar as propriedades funcionais e nutricionais de bebidas lácteas saborizadas com polpa de goiaba e enriquecidas com farinha da casca da jabuticaba, assim como estudar a cinética de secagem e propriedades termodinâmicas da casca de goiaba para obtenção de farinha alimentícia, avaliando as propriedades nutricionais e funcionais.

### Objetivos Específicos

Obtenção da farinha da casca da jabuticaba por secagem a 65°C;

Caracterização da polpa de goiaba por meio de análises físico-químicas, composição centesimal, atividade antioxidante, compostos fenólicos, sólidos solúveis e parâmetros de cor;

Elaboração da bebida láctea, e avaliação da composição centesimal, físico-química, atividade antioxidante, cor, compostos fenólicos e viabilidade de bactérias lácteas;

Proceder à análise sensorial do novo produto desenvolvido, através do teste de aceitação e intenção de compra;

Obter a farinha da casca de goiaba (FCG) por secagem;

Determinar a cinética de secagem nas temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C;

Calcular as propriedades termodinâmicas da FCG;

Caracterizar a composição centesimal quanto à umidade, cinzas, proteína e extrato etéreo da FCG;

Caracterizar o perfil mineral da FCG quanto aos teores de macro e microminerais;

Determinar os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da FCG;  
Caracterizar as coordenadas colorimétricas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  da FCG;  
Verificar a estrutura física da FCG por microscopia eletrônica de varredura.

## REVISÃO DA LITERATURA

### Goiaba e Jabuticaba

A goiaba (*Psidium guajava* L.) por ser amplamente aceita o consumo *in natura* se espalhou em diferentes países do mundo (OSÓRIO et al., 2011) e também por conseguir se desenvolver em condições não favoráveis e apresentar alta aplicação industrial (SILVA et al., 2010).

A goiabeira apresenta pequeno porte, atingindo até 6 metros de altura. A casca é lisa, delgada e solta pequenas lâminas. As folhas são opostas, penínervas e após a maturação se desprendem da planta. Os frutos são do tipo baga, com forma e cor da polpa variável, em razão da cultivar (NETO, 2003).

Após ser processada a goiaba possibilita diferentes maneiras de aproveitamento, como, doces, geleias, sucos, conservas, papinhas, base para bebidas e xaropes (RAMOS et al., 2010).

Por apresentar alto valor nutricional, como por exemplo vitamina C (ácido ascórbico), licopeno, potássio, cobre e fibras a goiaba tem se destacado no meio comercial (QUEIROZ et al., 2008).

Devido ao potencial antioxidante, o consumo de goiaba e derivados pode reduzir o risco de doenças, a alta concentração de betacaroteno, que é precursor da vitamina A, confere ao consumo da goiaba um importante aliado na prevenção de doenças dos olhos, pele, dentes, ossos e das membranas mucosas (KADAM et al., 2012).

A jabuticaba (*Myrcia cauliflora* Berg) é um fruto nativo do Brasil e é conhecido desde o período do descobrimento, sendo rica em vitaminas, antocianinas, fibras e sais minerais, entretanto, esses nutrientes estão em maior concentração na casca, parte que geralmente é descartada (LAMOUNIER et al., 2015).

Os frutos da jabuticabeira são tipo baga globosa com 20 mm a 30mm de diâmetro, com casca avermelhada quase preta, polpa esbranquiçada mucilaginosa, de sabor agridoce e subácido, apresentando de uma a quatro sementes, o elevado valor nutricional da jabuticaba também está relacionado à presença de compostos fenólicos, que estão presentes principalmente na casca (LIMA et al., 2008).

### Aproveitamento de Resíduos de Frutos no Processamento de Bebidas Lácteas

Grande parte dos frutos que podem ser utilizados na alimentação são utilizados no processamento com a finalidade da fabricação de sucos naturais,

polpaseextratos. Apresentam cascas e sementes que geralmente são descartadas, porém, poderiam ter outra utilização, diminuindo o desperdício de alimentos (KOBORI et al., 2005).

O reaproveitamento desses subprodutos propicia e contribui na diminuição dos impactos ambientais, tendo em vista a grande quantidade produzida pelas fábricas, normalmente descartando em locais inapropriados (UCHOA et al., 2008).

Considerando-se que os resíduos agroindustriais de frutos são capazes de atuar como antioxidantes naturais, estes poderiam ser empregados em substituição aos antioxidantes sintéticos, colaborando para fins de segurança alimentar e agregando valor aos subprodutos (INFANTE et al., 2013).

Assim, a adição de soro, bactérias probióticas e prebióticos em uma bebida láctea podem resultar em alimento funcional, servindo como nova alternativa para a indústria de laticínios e para os consumidores interessados em dieta saudável e nutritiva, aliado ao produto com novas características sensoriais (CASTRO et al., 2009).

### **Secagem de Alimentos**

A secagem tem como objetivo a retirada de água de determinado material na forma de vapor, para a fase gasosa. É considerado um fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa, podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento (FERREIRA & PENA, 2010).

Os produtos secos apresentam a vantagem de maior facilidade de manuseio na armazenagem, sendo também o processo auxiliar mais adequado para um armazenamento seguro de produtos biologicamente instáveis, como é o caso da casca do maracujá amarelo (PARK et al., 2006).

As informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos, pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, estima-se o gasto energético que refletirá no custo de processamento e influenciará no preço final do produto (VILELA & ARTUR, 2008).

### **Farinhas Obtidas a Partir de Resíduos de Frutos Tropicais**

A utilização de resíduos no desenvolvimento de farinhas, além de diminuir exponencialmente os impactos ambientais, reduz os custos nos processos de elaboração e de algumas operações (embalagem, transporte, armazenagem e conservação

prolongando a vida de prateleira) além de agregar valor nutricional ao produto (SCHLABITZ et al., 2010). A partir dessas farinhas são fabricados pães, biscoitos, massas, dentre outros produtos aceitos no mercado, consumidos por indivíduos de todas as faixas etárias (MAURO et al., 2010).

Dessa forma, por apresentarem ampla aplicação tecnológica, as farinhas produzidas por resíduos alimentares demonstram diferentes avaliações físico-químicas. A composição centesimal é tida como fator essencial pelo alto teor de carboidratos, fibras, vitaminas e minerais que possuem. Combinar o reaproveitamento dos resíduos de frutos com a elaboração de novas possibilidades, torna-se alternativa viável para a elaboração de produtos com características funcionais como as farinhas (CAVALCANTI et al., 2010; FERREIRA et al., 2013).

### **Formulações de bebidas lácteas com polpa de frutos tropicais**

Um dos principais fatores que contribuem para a aceitação dos produtos lácteos é a aromatização e saborização. Pesquisas acerca da exploração dos sabores tropicais têm sido realizadas, na hipótese de que estas possam conquistar o consumidor, contribuindo para diversificação do produto no comércio (SILVA et al., 2012).

Junto ao processo de fermentação, o processo de adicionar frutos tem possibilitado melhoria no aroma e sabor dos produtos lácteos, tendo em vista que incorporar distintas proporções de polpas de frutos ocasiona aumento da aceitabilidade (CALDEIRA et al., 2010).

Dentre os principais interesses em se utilizar frutos na melhoria e aceitação de bebidas lácteas estão as estratégias de marketing focadas nestes produtos, que objetivam oferecer novas opções de alimentos saudáveis a quem consome, buscando propiciar a incorporação destes alimentos nos hábitos alimentares dos consumidores (ROUTRAY et al., 2011).

O consumo de frutos pelos brasileiros é um hábito alimentar que tem crescido nos últimos anos, por fatores econômicos e também pelas características de produção, pois o Brasil é um dos principais produtores de frutos do mundo, com aproximadamente 40 milhões de toneladas por ano (FACHINELLO et al., 2011).

Segundo Murphy et al. (2012) independente da espécie, geralmente a opção por consumir frutos é relacionado aos efeitos benéficos dos nutrientes a quem consome, como vitaminas, minerais e fibras. As fibras são resistentes aos processos gastrintestinais e são fermentadas no intestino grosso, completamente ou



parceladamente, sendo fonte de energia no desenvolvimento de bactérias e lactobacilos(CICHOSKI et al., 2008).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALISSA, E. M.; FERNS, G. A. Functional foods and nutraceuticals in the primary prevention of cardiovascular diseases. **Journal of NutritionandMetabolism**, v. 2012, ID 569486, 2012.
- ANDRADE, E. T. et al. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, Niterói, v. 8, n. 2, p. 83- 95, 2006.
- CALDEIRA, L.A.; FERRÃO, S.P.B.; FERNANDES, S.A.A.; et al. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p. 2193-2198, 2010.
- CAVALCANTI, M. A.; SELVAM, M. M.; VIEIRA, R. R. M.; COLOMBO, C. R.; QUEIROZ, V. T. M. Pesquisa e desenvolvimento de produtos usando resíduos de frutas regionais: Inovação e integração no mercado competitivo. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos – SP, 2010.
- CICHOSKI, A.J.; et al Efeito da adição de probióticos sobre as características de queijo prato com reduzido teor de gordura fabricado com fibras e lactato de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 214-219, 2008.
- CORRÊA, J. L. G. et al. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008.
- CRUZ, A. G. et al. Ice-cream as a probiotic food carrier. **Food Research International**v. 42, n. 9, p. 1233-1239, 2009.
- FACHINELLO, J.C.; et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n. S1, p. 109-120, 2011.
- FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.
- FERREIRA, M. S. L.; SANTOS, M. C. P.; MORO, T. M. A. BASTO, G. J.; ANDRADE, R. M. S.; GONÇALVES, E. C. B. A. Formulation and characterization of functional foods based 63 on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, jun., 2013
- GUGGISBERG, D.; EBERHARD, P.; ALBRECHT, B. Rheological Characterization of Set Yoghurt Produced With Additives of Native Whey Proteins. **International Dairy Journal**, v. 17, n.11, p. 1353-1359, 2007.
- INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **BrazilianJournalFoodNutricion**, v.24, n.1, p.7-91, 2013.
- 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.
- LAMOUNIER, M. L.; ANDRADE, F. C.; MENDONÇA, C. D.; MAGALHÃES, M. L. Desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de sorvetes enriquecidos com farinha da casca da jabuticaba (myrciaria cauliflora). **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 70, n. 2, p. 93-104, mar/abr, 2015.
- MAURO, A. K.; SILVA, V. L. M.; FREITAS, M. C. J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com Farinha de Talo de Couve (FTC) e Farinha de Talo de Espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 719-728, jul./set., 2010.

- MORITA, A. S.; GOIS, V. A.; PRAÇA, E. F.; TAVARES, J. C.; ANDRADE, J. C.; COSTA, F. B.; BARROS-JUNIOR, A. P.; SOUSA, A. H. Cristalização de melão pelo processo lento de açucaramento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 705-708, 2005.
- MURPHY, M.M.; et al. Phytonutrient intake by adults in the united states in relation to fruit and vegetable consumption. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, n. 2, p. 222–229, 2012.
- 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.
- OSÓRIO, C.; CARRIAZO, J. G.; BARBOSA, H. Thermal and structural study of guava (*Psidiumguajava L*) powders obtained by two dehydration methods. **Química Nova**, v.34, n.4, p.636-640, 2011.
- PARK, K. J.; MORENO, M. K.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêraBartlett. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.288- 292, 2006.
- 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.
- 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.
- ROUTRAY, W.; MISHRA, H.N. Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 4, p 208–220, 2011.
- 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.
- SILVA, E.G. et al. Análise sensorial de bebida láctea fermentada sabor umbu-cajá com diferentes proporções de soro de leite. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 10, 2010, Recife, PE. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2010. p. 1-3.
- SILVA, L. C.; MACHADO, T. B.; SILVEIRA, M. L. R.; ROSA, C. S. da; BERTANGNOLLI, S. M. M. Aspectos microbiológicos, pH e acidez de iogurtes de produção caseira comparados aos industrializados da região de Santa Maria – RS. **Disc. Scientia**. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 111-120, 2012.
- SOUSA, C.M. de M., SILVA, H.R., VIEIRA JÚNIOR, G.M., AYRES, M.C.C., SOUSA, M.S.B., VIEIRA, L.M., SILVA, M. de J.M da, LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, mai./jun., 2011.
- VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafraão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.387-394, 2008.
- ZANATTA, C.L., ZOTARELLI, M.F., CLEMENTE, E. Peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em polpa de goiaba (*Psidiumguajava L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 705-708, jul./set, 2006.

## CAPÍTULO I

### BEBIDAS LÁCTEAS SABORIZADAS COM GOIABA ACRESCIDA DE FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA

**Resumo:** Objetivou-se avaliar as propriedades funcionais, físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas saborizadas com polpa de goiaba e enriquecidas com farinha da casca de jabuticaba (FCJ). O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano – Campus Rio verde, Goiás. Constituído de cinco Tratamentos: 1- Bebida láctea sem adição da polpa (Controle); 2- Bebida láctea com adição de 1% de FCJ; 3- Bebida com 5% de polpa e adição de 1% de FCJ; 4- Bebida com 10% de polpa e adição de 1% de FCJ; 5- Bebida com 15% de polpa e adição de 1% de FCJ. O pH apresentou diminuição considerável em todos os tratamentos durante o tempo de armazenamento, enquanto a acidez aumentou. A contagem de bactérias lácteas viáveis foi de magnitude  $10^6$  a  $10^8$  UFC/mL durante o tempo de armazenamento de 29 dias. As bebidas lácteas apresentaram relativa capacidade antioxidante e fenólicas, podendo ser considerada alimento funcional, além disso, apresentaram boa aceitação sensorial quanto aos parâmetros cor, aroma, textura e aparência (média entre 7 e 8). A farinha da casca de jabuticaba apresentou-se como subproduto de potencial no processamento de bebidas lácteas, como enriquecimento nutricional e funcional. A polpa de goiaba apresentou características funcionais importantes para elaboração das bebidas.

**Palavras-chave:** Fruto tropical. *Myrciaria cauliflora*. *Psidium guajava*. Pré-biótico.

### FERMENTED MILK DRINKS FLAVORED WITH GUAVA AND INCREASED WITH JABUTICABA PEEL MEAL

**Abstract:** This study aimed to evaluate the functional physicochemical and sensory properties of fermented milk drinks flavored with guava pulp enriched with jabuticaba peel flour (FCJ). The experiment was carried out at the Goiano Federal Institute - Campus Rio Verde - Goiás. Comprised of five treatments: 1- fermented milk drink without adding pulp (control); 2- fermented milk drink with addition of 1% FJC; 3- fermented milk drink with 5% pulp and adding 1% FJC; 4- fermented milk drink with 10% pulp and adding 1% FJC; 5- fermented milk drink with 15% pulp and adding 1% FJC. The pH showed significant decrease in all treatments during the storage time, while the acidity increased. The count of viable lactic acid bacteria was of magnitude of  $10^6$ - $10^8$  during the storage time of 29 days. The dairy beverages showed antioxidant and phenolic capacity and may be considered a functional food. They had a good sensory acceptance as the color parameters, aroma, texture and appearance parameters, (average between 7 and 8). The flour of jabuticaba peel presented himself as a potential by-product in the processing of milk beverages such as nutritional and functional enrichment. The pulp of guava showed significant functional characteristics of milk drinks.

**Keywords:** *Myrciaria cauliflora*. *Psidium guajava*. Pré-biotic. Tropical fruit.

## INTRODUÇÃO

As bebidas lácteas têm valor nutricional correspondente à composição do leite em que são fabricadas, porém, há diferenças na concentração de constituintes químicos por causa da tecnologia de fabricação envolvida e do processo de fermentação (GRANDI & ROSSI, 2010).

A conversão do soro de queijo em outros produtos tem se mostrado boa alternativa para que o descarte no meio ambiente seja evitado, além do soro possuir ainda valor nutricional, incluindo lactose, minerais, vitaminas e proteínas (CAPITANI et al., 2005).

O Brasil possui uma gama de frutos com sabores e aromas diferenciados, que podem ser uma alternativa de adição em bebidas lácteas, após o adequado processamento tecnológico (RAMOS et al., 2013). Tal adição visa atenuar o sabor ácido e melhorar as propriedades quanto ao sabor, aroma e textura, a funcionalidade de alguns frutos aumentou significativamente o consumo, após a adição em novos produtos, encorajando o surgimento de pesquisas nessa área (COSTA et al., 2012), e oferecimento de novas opções de alimentos saudáveis aos consumidores (ROUTRAY & MISHRA, 2011).

A maior parte da produção de goiaba é consumida *in natura* e o restante é processado sob as formas de goiabada, geleia, sucos, polpa, vinho, néctar e bebidas (BRITO BOLINI, 2009; LIMA et al., 2013; MOURA et al., 2013).

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) é um fruto de grande valor nutricional, fonte considerável de água, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e sais minerais, como ferro, cálcio e fósforo (ASCHERI et al., 2006). O elevado valor nutricional da jabuticaba também está relacionado à presença de compostos fenólicos presentes principalmente na casca. Desta forma, a desidratação do resíduo pode ser mais uma maneira de evitar desperdícios, pois frutos fora do padrão de mercado podem ser aproveitados sem nenhum problema (MORITA et al., 2005).

O desenvolvimento de novas bebidas para o consumo tem se beneficiado, como todo o mercado funcional, dos avanços tecnológicos no estudo da estabilidade dos componentes, das mudanças no estilo de vida e na melhoria do sabor e textura dos novos produtos (BALDISSERA et al., 2011).

Neste contexto, com o intuito de agregar valor ao resíduo e a polpa de goiaba, e melhorar as qualidades funcionais da bebida láctea e aceitabilidade do produto,

objetivou-se avaliar as propriedades funcionais, físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas, saborizadas com polpa de goiaba e enriquecidas com farinha da casca de jabuticaba.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção da Farinha da Casca da Jabuticaba

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano –CampusRio Verde (IF Goiano). Os frutos da jabuticaba (*Myrciariacauliflora*) foram colhidos em propriedade rural da cidade de Rio Verde, GO, posteriormente no laboratório foram higienizados, sanitizados (hipoclorito de sódio a 100 ppm 10 min<sup>-1</sup>), retirado o excesso de água e despulpados. Na secagem das cascas, utilizou-se estufa com circulação de ar à temperatura de 65°C, até massa constante. Após o processo de secagem as cascas foram trituradas em moinho de rotor tipo ciclone da marca TECNAL<sup>®</sup> modelo TE-651/2 para obtenção da farinha da casca de jabuticaba (FCJ). A composição nutricional da farinha da casca da jabuticaba encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1-** Composição nutricional da farinha da casca da jabuticaba.

<b>Informação nutricional</b>	<b>Quantidade por 100g</b>
Valor energético	3.803KJ
Umidade	14,03g
Proteínas	5,10g
Gorduras	0,53g
Fósforo	1,00 mg
Potássio	9,50 mg
Enxofre	1,70 mg
Cálcio	0,40 mg
Magnésio	0,50 mg
Ferro	30,4 mg
Manganês	16,3 mg
Zinco	16,3 mg

Fonte: Souza, (2016).

### Polpas de Goiaba, Leite e Soro

Os frutos de goiaba foram adquiridos no comércio local do município de Rio Verde, selecionados e higienizados (hipoclorito de sódio a 100 ppm 10 min<sup>-1</sup>), em seguida descascados e despulpados. As polpas dos frutos foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificadas e refrigeradas (-18 °C) para uso posterior.

O leite foi obtido na Indústria de Laticínios San Marino Ltda, assim como o soro obtido através do processamento de queijos mussarela, acondicionados em recipientes e estocados sob refrigeração à temperatura de aproximadamente  $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , até o momento do processamento das bebidas lácteas.

### **Avaliações do Leite e Soro**

O pH do leite foi aferido em triplicata com o uso de potenciômetro digital de bancada – modelo W38 (Bel Engineering®). A acidez titulável foi determinada por titulação em NaOH de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) e os resultados expressos em porcentagem (%) de ácido láctico.

Coletou-se três amostras de leite para avaliação eletrônica da composição química, acondicionadas em frascos de 40 mL contendo conservante bronopol sendo em seguida acondicionado em caixas isotérmicas contendo gelo, e transportado ao Laboratório de Qualidade de Leite do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, para realização das análises de proteína, gordura e extrato seco desengordurado (ESD). Foram coletadas três amostras de soro para análises de proteína e gordura que foram realizadas através de análise eletrônica por Infravermelho próximo no equipamento Milkoscan 4000 (Foss Electric A/S. Hillerod, Denmark).

### **Processamentos das Bebidas Lácteas**

Para produção da bebida láctea utilizou-se 40% de soro e 60% de leite (relação massa/massa), acrescido de 10% de sacarose sob o volume da base láctea com aquecimento a  $90^{\circ}\text{C} \text{ } 3 \text{ min}^{-1}$  e incubação a  $42^{\circ}\text{C}$ , com cultivo probiótico Biorich® até atingir pH 4,5, posteriormente a massa foi quebrada, homogeneizada, resfriada até atingir a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  e saborizada com a polpa de goiaba em diferentes concentrações (5%, 10% e 15%) e enriquecidas com 1% de FCJ.

Em seguida as bebidas lácteas foram envasadas em embalagens de polietileno de 200 mL para análises posteriores.

### **Avaliações da Polpa de Goiaba e Bebidas Lácteas**

#### **Composição Centesimal e Físico-Química**

O teor de sólidos solúveis foi determinado por refratômetro digital

(KrüssOptronic®/DR 301-95) o resultado foi expresso em °Brix (IAL, 2005).

O teor de água foi determinado segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), por secagem direta a 105 °C até peso constante.

Para análise de proteína bruta, determinou-se o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, segundo o método oficial n° 960.52 da AOAC International (1995). O nitrogênio total foi convertido em proteína bruta utilizando o fator 6,25 para a polpa de goiaba e farinha da casca de jabuticaba. Para as bebidas lácteas utilizou-se o fator 6,38.

As cinzas foram determinadas por meio da carbonização total da matéria orgânica em forno mufla (Bravac, M2) a 550 °C, até obter cinzas claras, como descritas no método oficial n° 923.03 da AOAC, (1995).

A verificação do pH foi realizada em triplicata com o uso de potenciômetro digital de bancada - modelo W38 (Bel Engineering®).

O teor de lipídeos das bebidas lácteas foi determinado através do método de Gerber (BRASIL, 2003).

A acidez titulável foi determinada por titulação em NaOH de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

### **Atividade Antioxidante Total e Fenólicos Totais**

A avaliação da atividade antioxidante foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), segundo metodologia descrita por RUFINO et al., (2007).

O índice de polifenóis totais foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin-Ciocalteu (ROSSI, 1965). Os resultados obtidos foram calculados com base no ácido gálico como padrão, preparou-se uma curva e os resultados foram calculados e representados graficamente, utilizando o gradiente concentração em função da absorbância. Foram expressos em mg ácido gálico 100g<sup>-1</sup> de massa seca.

### **Coordenadas Colorimétricas**

A cor foi avaliada instrumentalmente em colorímetro ColorFlex EZ/HunterLab®, ajustado para o iluminante D65 (luz do dia) e ângulo de observação 10°, com prévia calibração, segundo método n° 14-22 conforme sistema CIE L\*, a\* e b\* (CIE, 1996; AACC, 2000).

### **Viabilidade de Bactérias Lácticas das Bebidas Lácteas**

Para a viabilidade de bactérias lácticas, foi realizada a contagem de bactérias lácticas utilizando o meio de cultura MRS. Foram pesadas 25g da amostra e adicionado 225mL de água peptonada a 0,1%. Após homogeneização foi preparado uma série de diluições, inoculando-se em seguida 1mL de cada diluição em placas de petri estéreis, em duplicata. Após a adição do meio de cultura (com sobre-camada) e solidificação do mesmo, as placas foram incubadas a 35°C por três dias. Após este período, procedeu-se a contagem das placas de mesma diluição que contivessem entre 25 e 250 colônias, com auxílio de um contador de colônias.

### **Análise Sensorial das bebidas lácteas**

A avaliação das características sensoriais das bebidas lácteas de goiaba enriquecidas com FCJ foi realizada com o intuito de quantificar a preferência dos consumidores pelos diferentes tipos de bebidas lácteas, bem como a provável intenção de compra. As análises foram realizadas com alunos, professores e servidores do IF Goiano, Campus Rio Verde, GO. Para realização da análise sensorial, 52 provadores não treinados constituíram a equipe avaliadora. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, com parecer substanciado sob o nº. 038/2014 em 16 de outubro de 2014.

Foram avaliadas sensorialmente cinco formulações de bebidas lácteas. O modelo adotado para a análise sensorial foi o teste de aceitação, para comparação das bebidas lácteas em diferentes concentrações de polpa de goiaba. A avaliação sensorial baseou-se em notas atribuídas pelos provadores através de escala hedônica de nove (9) pontos, em que o valor um (1) representava "desgostei muitíssimo" e nove (9) "gostei muitíssimo" no qual se julgava a impressão global, que significava cor, sabor, aroma e textura. Juntamente com o aspecto global do produto, foi analisada a intenção de compra dos provadores sobre cada uma das amostras, realizada através de escala hedônica de cinco (5) pontos, em que o valor um(1) significava "certamente não compraria" e o valor cinco (5) representava "certamente compraria" (IAL, 2005).

As amostras foram codificadas com números de três dígitos e apresentadas sob luz branca em copos descartáveis brancos de 50 mL a cada um dos provadores. A quantidade das amostras servidas foi a mesma, cerca de 20 mL, visando não influenciar a opinião do consumidor. As amostras de bebida láctea foram apresentadas aos



provadores em temperatura de aproximadamente 6 °C de forma balanceada.

### **Análise estatística**

O experimento foi constituído de cinco Tratamentos: 1-Bebida láctea sem adição da polpa (Controle); 2- Bebida láctea com adição de 1% de FCJ; 3- Bebida com 5% de polpa e adição de 1% de FCJ; 4- Bebida com 10% de polpa e adição de 1% de FCJ; 5- Bebida com 15% de polpa e adição de 1% de FCJ. O delineamento foi inteiramente ao acaso em triplicata de análises.

OpH, acidez titulável e análises microbiológicas foram avaliados durante a vida útil das bebidas lácteas 1, 8, 15, 22 e 29 dias por meio de regressão. As análises físico-químicas, cor, propriedades funcionais e sensoriais das bebidas lácteas foram submetidas à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), em casos de significância as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Utilizou-se o *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O leite refrigerado utilizado no processamento das bebidas lácteas apresentou teor proteico de  $3,06 \pm 0,01 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ , gordura de  $3,38 \pm 0,001 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ , ESD de  $8,361 \pm 0,01 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ , acidez titulável de  $0,16 \pm 0,03 \text{ g}$  de ácido láctico  $100 \text{ mL}^{-1}$  e pH de  $6,78 \pm 0,07$ . Os resultados obtidos estão de acordo com o recomendado por Brasil (2011) que recomenda no mínimo 3% de gordura, 2,9% de proteína e acidez titulável de 0,14 a 0,18 g de ácido láctico  $100 \text{ mL}^{-1}$ . O extrato seco desengordurado foi ligeiramente inferior ao previsto pela legislação que estabelece 8,40% de ESD.

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite (BRASIL, 2013), o soro utilizado neste trabalho foi caracterizado como doce, pois apresentou pH de  $6,39 \pm 0,01$  e acidez titulável de  $0,8 \pm 0,04 \text{ g}$  de ácido láctico  $100 \text{ mL}^{-1}$ ), assim como  $0,76 \pm 0,04 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$  de proteína,  $0,40 \pm 0,001 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$  de gordura, parâmetros satisfatórios para o processamento de bebidas lácteas.

Para a polpa de goiaba o valor médio de sólidos solúveis, umidade, proteína e cinzas foram respectivamente:  $7,20 \pm 0,01^\circ \text{Brix}$ ,  $80,94 \pm 0,83 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ;  $0,79 \pm 0,04 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,47 \pm 0,06 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ , resultados que corroboram com Lima et al. (2015) para polpa de goiaba. A Instrução Normativa nº 01/2000 (BRASIL, 2000) controla o teor mínimo de sólidos solúveis (°Brix), de 5,5 °Brix a 11,0 °Brix, a variação depende da espécie do fruto. Segundo Chitarra & Chitarra (2005) os valores de sólidos solúveis totais são

utilizados como medida indireta do teor de açúcares, podendo variar de 2% a 25% a depender da espécie, estádios de maturação e do clima.

Nos frutos é importante a determinação de sólidos solúveis, pois quanto maior, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada aos frutos quando processados pela indústria, diminuindo o custo de produção e aumentando a qualidade do produto (ARAÚJO, 2001).

A polpa de goiaba apresentou pH médio de 3,66 sendo um fruto com natureza ácida, porém, é uma faixa segura do ponto de vista da tecnologia de alimentos em relação ao desenvolvimento microbiano, além de estar dentro os valores estabelecidos para o padrão de identidade e qualidade da polpa em questão que estabelece valores de pH de no mínimo 3,5 e no máximo 4,2 (BRASIL, 2000).

Os valores de pH são de grande importância para etapas de processamento de frutos, além de serem usados como indicadores do ponto de colheita, podem favorecer a conservação, sem necessidade de adição de ácido cítrico comumente usado na formulação com intenção de evitar o crescimento de leveduras (FERREIRA, 2010). Valor de pH próximo ao deste estudo também foi encontrado por Santos et al. (2014) em seu trabalho sobre comportamento higroscópico de goiaba empó obtida por *spray-dryer*, com valor médio de pH de 3,76 em polpa integral de goiaba.

A acidez das polpas foi de  $0,69 \pm 0,08$  mg de ácido láctico  $100 \text{ g}^{-1}$ , valores que corroboram com Lima et al. (2015) em estudo avaliando a composição físico-química de polpa de frutos ( $0,96$  mg de ácido láctico  $100 \text{ g}^{-1}$ ) e  $0,43$  mg de ácido láctico  $100 \text{ g}^{-1}$  na pesquisa realizada por Santos et al. (2014).

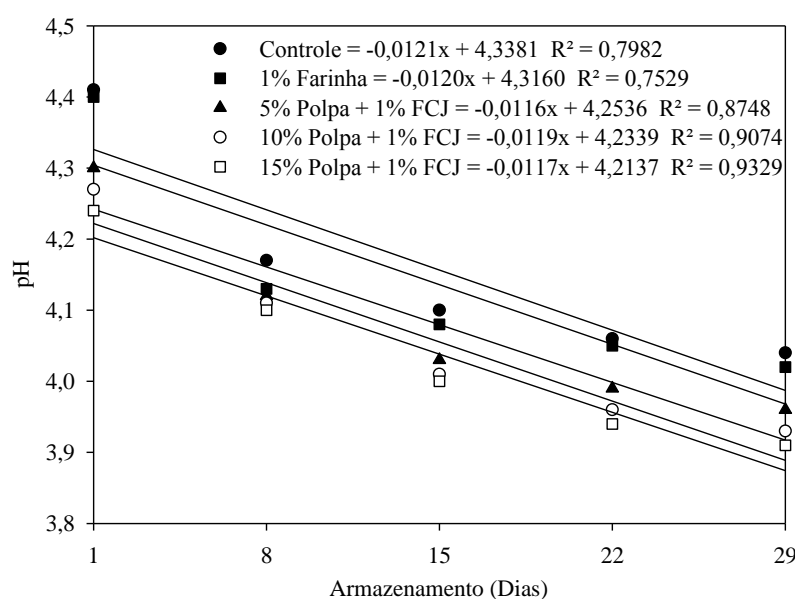
A polpa de goiaba apresentou relativo teor de fenólicos totais ( $149,25 \pm 0,47$  mg de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$ ). O teor de fenólicos totais pode ser influenciado por diversos fatores tais como maturidade, espécie, tipo de cultivo, origem geográfica, nível de crescimento, condições de colheita e processo de estocagem (HAIDA et al., 2015). Resultados próximos foram encontrado por Patthamakanokporn et al., (2008) de  $148$  mg de EAG  $100 \text{ g}^{-1}$  em goiaba fresca, e Limet et al., (2007)  $179,00$  mg de EAG  $100 \text{ g}^{-1}$  para polpa de goiaba.

Os resultados para antioxidantes foram  $EC_{50} = 40,1 \pm 0,08$  (concentração de extrato em  $\text{g L}^{-1}$  capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH). Portanto, quanto menor o valor do  $EC_{50}$ , maior será a atividade antioxidante do extrato analisado (VIEIRA, 2011). Para frutos de goiaba, Haida et al. (2015) relataram menor atividade antioxidante por DPPH com  $EC_{50}$  de  $19,69$ , assim como Vieira (2011)

avaliando atividade antioxidante relatou valores de EC = 49,1 para frutos de goiaba.

A polpa de goiaba mostrou-se eficiente em sequestrar os radicais livres DPPH, tendo alto potencial antioxidante, portanto, o consumo deve ser estimulado para proteger o organismo humano contra danos oxidativos.

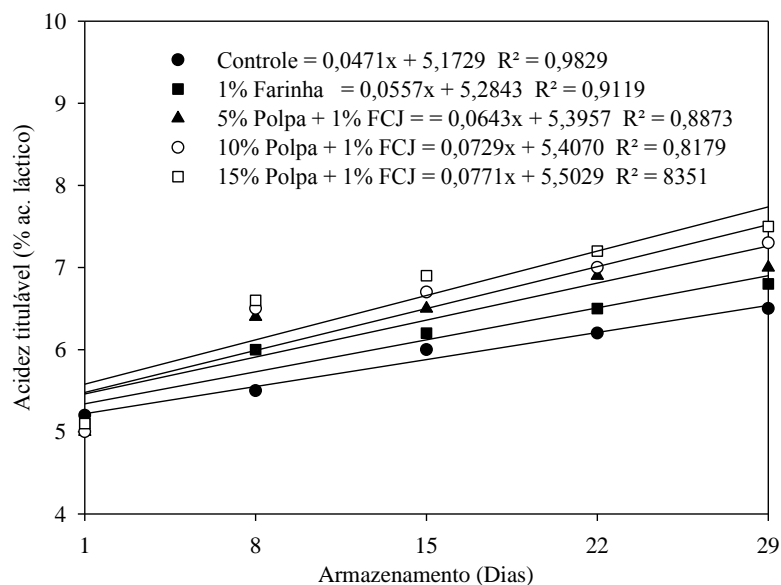
Os resultados das avaliações de pH das bebidas lácteas (Figura 1) permitiram observar que durante o período de armazenamento houve redução linear para todos os Tratamentos, sendo os valores médios de 3,99; 3,96; 3,91 3,87 para os Tratamentos Controle, 1% de FCJ, 5% polpa + 1% de FCJ, 10% polpa + 1% de FCJ e 15% polpa + 1% de FCJ, respectivamente no 29º dia de armazenamento, devido ao aumento da concentração de polpa e sua natureza ácida.



**Figura 1** – pH de bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.

O baixo pH durante o armazenamento pode ser relacionado a ação do *Lactobacillus acidophilus*, micro-organismo conhecido pela grande capacidade de produção de ácido no meio de fermentação (MACEDO, 1997).

No que diz respeito aos valores de acidez, houve aumento linear com médias de 6,53; 6,89; 7,26; 7,52; 7,73 para os Tratamentos Controle, 1% de FCJ, 5% polpa + 1% de FCJ, 10% polpa + 1% de FCJ e 15% polpa + 1% de FCJ, respectivamente no 29º dia de armazenamento, conforme a Figura 2.



**Figura 2** – Acidez titulável das bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.

Comportamento semelhante ao do presente estudo foi encontrado por Costa et al., (2013) em estudo com bebidas lácteas com diferentes espessantes de 0,55% a 0,61% de ácido láctico.

O aumento nos valores de acidez pode estar relacionado ao tipo e a concentração de cultura láctea utilizada, a atividade desta cultura, ao valor estabelecido para finalizar a fermentação, a quantidade de soro de queijo utilizada na elaboração das bebidas lácteas, assim como ao tempo de armazenamento (CALDEIRA et al., 2010), e também se relacionam às mudanças nos valores de pH (LIMA, 2011).

O teor de umidade das amostras apresentou diferença exceto para os dois Tratamentos com maior concentração (10% e 15% de polpa) (Tabela 2). Segundo Gambelli et al. (1999) o teor de água do iogurte é de aproximadamente  $87g/100g^{-1}$ , no entanto, esse valor depende do tipo de leite e teor de sólidos solúveis disponíveis, pois no presente estudo além do leite utilizou-se soro de leite, polpa de goiaba e FCJ.

Os valores de cinzas e proteína dos Tratamentos controle e 1% de farinha diferiram somente do tratamento 10% e 15% de polpa (Tabela 2), desta forma, os resultados corroboram com a pesquisa de Thamer & Penna (2006) em estudo sobre a caracterização de bebidas lácteas funcionais, que observaram entre 82,42% a 82,93% de umidade, e 0,53 a 0,58% para teores de cinzas.

Em termos de proteínas as bebidas lácteas demonstraram teor proteico apropriado acima do permitido na legislação brasileira para bebida láctea fermentada, de

no mínimo 1,7 g 100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Menezes (2011) relatou valores de proteínas entre 1,47 e 1,61 g 100g<sup>-1</sup> em bebidas lácteas fermentadas quando se variaram as quantidades de polpa de cajá, enquanto, Cunha et al., (2009) encontraram valores entre 1,74 e 2,36 g 100g<sup>-1</sup> em bebidas lácteas contendo diferentes concentrações de soro de leite.

A luminosidade das bebidas lácteas apresentou diferença entre os Tratamentos exceto para 10% e 15% de polpa (Tabela 2). Os resultados da intensidade de a\* diferiram de todos Tratamentos, foi maior com a adição de 15% de polpa, desta forma, ficou evidenciado uma ligeira tendência de vermelho nas bebidas lácteas. Os valores da cromaticidade b\* diferiram do controle e da formulação com 15% de polpa, havendo maior tendência de amarelo.

Resultados relatados por Silva et al. (2014) corroboram com os obtidos nesta pesquisa, para parâmetros instrumentais de cor em bebida láctea sabor uva com adição de prebiótico que apresentaram valores de L\* 67,60 a 71,29; a\* 3,28 a 6,06 e b\* 3,43 a 4,70, assim como encontrados por Caldeira et al. (2010) a partir de leite de búfala, sabor morango (L \* 74,77; a \* 11,94 e b \* 2,14).

Desta forma, as bebidas lácteas podem ser consideradas nutricionalmente adequadas pelo teor proteico, baixo teor de gordura sendo classificadas como parcialmente desnatado, com valores de gordura entre a faixa de 1,80 g 100 g<sup>-1</sup> a 2,26 g 100 g<sup>-1</sup>. Segundo Gazeloto et al., (2015) em estudo sobre efeito da adição de probióticos em bebida láctea achocolatada, obteve teores de lipídeos entre as formulações de 1,02 a 2,97 g100mL<sup>-1</sup>, sendo considerados parcialmente desnatado, assim como o presente estudo.

As variações na composição das bebidas lácteas podem ser relacionadas a composição da FCJ adicionada no processamento, a cultivar da goiaba utilizada e às proporções de adição da polpa de frutos.

A atividade antioxidante das amostras de bebida láctea saborizada com goiaba e enriquecidas com FCJ foram determinadas para os cinco Tratamentos (Tabela 2). Quanto menor o valor do CE<sub>50</sub>, maior será a atividade antioxidante do extrato analisado (VIEIRA, 2011), esse estudo revelou que quanto maior a concentração da polpa de goiaba adicionada às bebidas lácteas, maior foi a capacidade antioxidante das mesmas. Pelo fato da polpa de goiaba apresentar alta capacidade antioxidante (HAIDA et al., 2015).

As bebidas lácteas com polpa de goiaba apresentaram maior teor de compostos

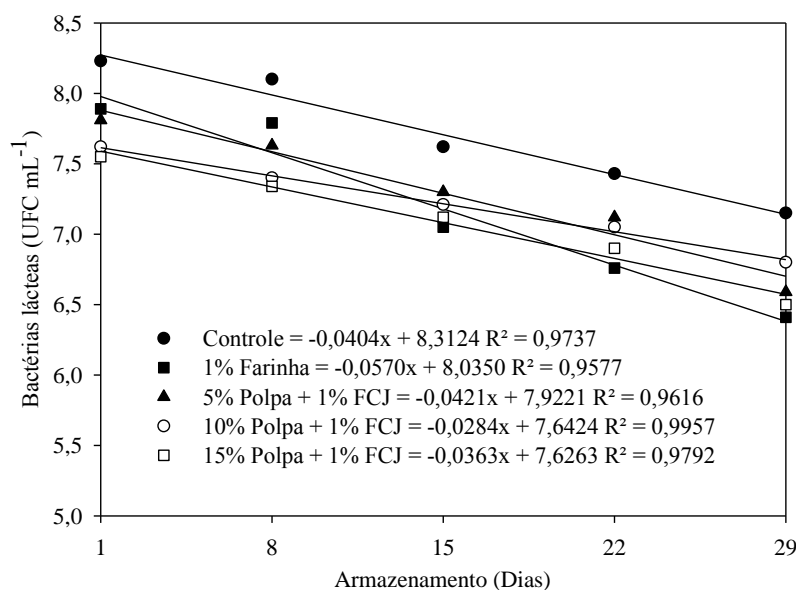
fenólicos do que a bebida sem polpa, devido a agregação de compostos fenólicos da polpa. Este fato pode ser explicado pela presença de compostos fenólicos no leite, sendo que esta ocorrência já foi descrita por Conell & Fox (2001) em estudo realizado com leite bovino, caprino e ovino, estes autores encontraram para o leite bovino os seguintes compostos fenólicos: tiofenol, fenol, o-cresol, p-cresol, m-cresol, 2-etilfenol, timol e carvacrol.

**Tabela 2** - Valores médios e desvio padrão do teor de água ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), cinzas ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), proteína ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), gordura ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), parâmetros de cor, atividade antioxidante (AA) CE 50 ( $\text{g/L}$ ) e fenólicos totais (FT) ( $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ ) de bebidas lácteas de goiaba enriquecidas com farinha da casca de jabuticaba.

Parâmetros	Tratamentos					CV %
	Controle	1% farinha	5% polpa	10% polpa	15% polpa	
Teor de água	81,18±0,24d	80,31±0,05c	81,90±0,11b	82,64±0,40a	82,69±0,18a	0,88
Cinzas	0,69 ±0,02a	0,66±0,04a	0,46±0,03ab	0,44±0,04b	0,35±0,06b	8,38
Proteína	3,25±0,37a	3,14±0,11a	2,48±0,12ab	1,98±0,01b	1,89±0,01b	13,12
Gordura	2,26± 0,05a	2,23±0,05ab	2,10±0,05 b	2,03± 0,05b	1,80±0,05 c	2,13
L*	86,08±0,13a	62,92±0,09b	61,82±0,05c	60,08±0,01d	60,06±0,01d	0,12
a*	0,56±0,01e	3,22±0,02d	5,87±0,01b	5,03±0,01c	6,06±0,01a	0,29
b*	9,75±0,01a	5,87±0,04d	5,51±0,01e	6,54±0,01c	6,92±0,01b	0,31
AA	3,14±0,12a	2,62±0,09b	2,45±0,08c	1,80±0,14d	1,15±0,23e	6,13
FT	106,58±1,17d	149,16±0,18a	120,36±0,48b	114,58±0,34c	110,53±0,34e	8,02

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, conforme teste de médias Tukey, a 5% de significância. CV = coeficiente de variação.

Para contagem de bactérias lácticas viáveis houve redução linear entre os Tratamentos com o passar do tempo de armazenamento, obtendo contagem média de  $10^8 \text{ UFC mL}^{-1}$  no início do armazenamento chegando na ordem de  $10^6 \text{ UFC mL}^{-1}$  aos 29 dias. Todos os tratamentos atenderam ao valor mínimo estabelecido pela legislação de  $10^6 \text{ UFC mL}^{-1}$  até aos 29 dias de armazenamento. A polpa adicionada e a farinha da casca da jabuticaba podem ter contribuído diretamente para a viabilidade das culturas lácticas e da acidez durante o período de armazenamento (Figura 3).



**Figura 3-**Viabilidade de bactérias lácteas em bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.

A redução na contagem de bactérias lácticas ao final do prazo de validade, também foi observada por Rodrigues et al., (2010) com sete amostras(19,5%) de iogurte fora do padrão. De acordo com Macedo et al., (2008) este comportamento pode estar relacionado a vários fatores como acidificação, nível de oxigênio, permeação do oxigênio através da embalagem e compostos antimicrobianos que podem reduzir a viabilidade de bactérias.

Para alimentos funcionais, a quantidade mínima viável para os probióticos deve estar na faixa de  $10^8$  a  $10^9$  UFCmL<sup>-1</sup> na recomendação diária do produto pronto para o consumo, correspondendo ao consumo de 100 g contendo de  $10^6$  a  $10^7$  UFCmL<sup>-1</sup>, ou seja, de 6 a 7 Log UFCg<sup>-1</sup> (GALINA et al., 2011). Neste estudo, a contagem de microrganismos apresentou resultados dentro do recomendado pela legislação vigente que é de  $10^6$  UFCg<sup>-1</sup>, ou seja, 6 Log UFCmL<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Resultados corroboram com encontrados por Silva et al., (2013) sobre a viabilidade de bactérias lácteas em iogurtes em função da validade, também encontraram valores semelhantes a este estudo que variaram entre  $1,1 \times 10^6$  a  $9,0 \times 10^7$  UFC.mL<sup>-1</sup>.

O resultado para cor, sabor, aroma e textura das bebidas lácteas saborizadas com goiaba e enriquecida com FCJ evidenciou que os provadores atribuíram maior nota para a bebida com maior concentração de polpa(Tabela 4). Já para os atributos de aparência a bebida controle apresentou maior aceitação. Assim, verificou-se que as amostras contendo somente 1% de farinha sem adição de polpa obtiveram menor nota.

Na avaliação sensorial quanto maior a concentração de polpa de goiaba presente nas amostras, maior a aceitação pelos provadores apresentando notas entre 7 e 8, sendo gostei moderadamente e gostei muito de acordo com as notas atribuídas na escala hedônica. Coelho & Wosiacki (2010) encontraram valor médio entre 7 e 8, nas amostras de vitamina de banana e na formulação do bolo, com adição de bagaço de maçã, com ótima aceitação do produto.

Em relação à intenção de compra dos consumidores houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as médias dos Tratamentos controle e 1% de farinha sendo a maior nota para o Tratamento com 1% de farinha (3,03%) (Tabela 4).

**Tabela 3** - Resultados médios e desvio padrão da análise sensorial dos parâmetros cor, sabor, aroma, textura e intenção de compra (IC) das bebidas lácteas saborizadas com goiaba acrescida de farinha da casca de jabuticaba.

Parâmetros	Tratamentos					CV (%)
	Controle	1% farinha	5% polpa	10% polpa	15% polpa	
Cor	6,82 ± 1,00 b	5,70 ± 1,31 c	6,96 ± 1,52 b	7,06 ± 1,41 b	8,00 ± 0,80 <sup>a</sup>	8,00
CC%	49,01	33,28	36,12	33,64	50,36	
Sabor	7,44 ± 1,57 a	5,56 ± 1,95 b	7,55 ± 1,18 a	7,66 ± 1,09 a	7,72 ± 0,95 <sup>a</sup>	9,55
CC%	37,58	22,91	42,9	41,23	44,13	
Aroma	7,06 ± 1,33 ab	6,33 ± 1,24 b	7,48 ± 1,05 a	7,56 ± 1,04 a	7,62 ± 0,82 <sup>a</sup>	5,44
CC%	47,06	39,37	44,13	44,72	50,62	
Textura	6,34 ± 1,56 bc	5,80 ± 1,64 c	6,89 ± 1,47 ab	7,31 ± 1,00 ab	7,60 ± 1,00 a	0,14
CC%	36,12	33,17	29,61	42,72	46,49	
Aparência	6,79 ± 1,31 ab	6,23 ± 1,77 b	7,27 ± 1,43 a	7,63 ± 1,43 a	7,65 ± 1,04 <sup>a</sup>	8,48
CC%	45,32	25,00	32,83	42,72	41,63	
IC	2,10 b	3,03 <sup>a</sup>	2,33 ab	2,53 ab	2,70 ab	6,50

Letras diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da maior aprovação e intenção de compra da bebida com 1% de farinha sem adição de polpa, muitos provadores declararam também que consumiriam a bebida com níveis crescentes de polpa. Batista et al. (2014) observaram na avaliação de iogurte saborizado com banana, que a formulação com maior concentração (10%) de polpa se destacou com maior índice de aceitação.

Nos alimentos e bebidas o sabor tem sido definido como a impressão percebida através das sensações químicas de um produto na boca. Este atributo inclui os aromas, os gostos e as sensações químicas (SANTOS et al., 2012). Sendo assim, as bebidas lácteas apresentaram características nutritivas e saudáveis pela presença de proteínas e atividade antioxidante provenientes da farinha e polpa de goiaba, e pode contribuir para



o aumento das propriedades nutricionais, tornando um produto alimentício de grande interesse.

## CONCLUSÃO

Adição de farinha da casca de jabuticaba assim como a polpa de goiaba nas bebidas lácteas intensificou a cor, resultando em bebidas lácteas com cores mais vivas, tendendo para o amarelo e vermelho. O aumento crescente da polpa de goiaba resultou em maior acidez e menor pH, parâmetros físico-químicos favoráveis para maior conservação durante o armazenamento do produto, além de apresentar potencial para ser usada como subproduto no processamento de bebidas lácteas.

A bebida láctea com concentração de 15% de polpa de goiaba e 1% de farinha de casca de jabuticaba apresentou características sensoriais bem aceitas pelos provadores.

A contagem de bactérias lácteas viáveis das bebidas lácteas deste estudo está de acordo com os valores que a legislação preconiza. A atividade antioxidante e os fenólicos totais indicaram ser uma bebida com propriedades funcionais. Sendo a bebida láctea com 5% a formulação indicada para o processamento das bebidas lácteas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. St. Paul, 2000.
- ARAÚJO, J. L. Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu. 2001. 85f. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, (Mestrado em Engenharia Agrícola).
- ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. 2006 Caracterização da farinha do bagaço da jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 867-905.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 1995. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. 16. ed. Washington, DC, v. 2, p 1094.
- BALDISSERA, A.C. et al. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.4, p.1497-1512, 2011.
- BASTIANI, M. I. D. **Iogurte adicionado de concentrado protéico de soro de leite e farinha de linhaça**: desenvolvimento, qualidade nutricional e sensorial. 2009. 97 f. Tese (Doutorado)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2009.
- BATISTA, D. V. S.; CARDOSO, R. L.; CEDRAZ, K. A.; LUI Carmen dos Santos LIMA, L. C. S.; TAVARES, J. T. Q. Aceitabilidade sensorial e caracterização físico-química do iogurte de banana cv. Terra. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014 50.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. 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. Ministério de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Diário Oficial da União N.º. 6**, Brasília, 10 de jan de 2000, Seção I., p. 54-58.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº22, de 14/04/2003. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. Brasília: Ministério da Agricultura.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº16, de 23 de agosto de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 ago. 2005, seção 1, p. 7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº53, de 10 de abril de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade de soro de leite. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Projeto de Instrução Normativa. 2013.

BRITO, C. A. K.; BOLINI, H. M. A. 2009. Perfil sensorial de edulcorantes em néctar de goiaba. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 561-572.

CALDEIRA, L. A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. de A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Ciência Rural**.v.40, n.10, p.2193-2198, 2010.

CAPITANI, C.D.; PACHECO, M.T.B.; GUMERATO, H.F. *et al.* Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.40, p.1123-1128, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. D. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2. ed., 293p.: il. 2005.

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage. **Colorimetry**. Vienna: CIE publication, 2 ed., 1996.

COELHO, L.M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciência Tecnologia Alimentos**. Campinas, v. 30, n.3, p. 582-588, jul.-set. 2010.

CONNELL, J. E.; FOX, P. F. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 103–120, 2001.

COSTA, G. N. S.; MENDES, M. F.; ARAUJO, I. O.; PEREIRA, C. S. S. 2012. Desenvolvimento de um Iogurte Sabor Juçará (Euterpe edulisMartius): Avaliação Físico-química e Sensorial. **Revista Eletrônica TECCEN**, Vassouras, v. 5, n. 2 p. 43-58.

CUNHA, T. M.; ILHA, E. C.; AMBONI, R. D. M. C.; BARRETO, P. L. M.; CASTRO, F. P. A influência do uso de soro de queijo e bactérias probióticas nas propriedades de bebidas lácteas fermentadas. **Braz. J. Food Technol** v. 12, n. 1, p. 23-33, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GALLINA, D. A.; ANTUNES, A. E. C.; AZAMBUJA-FERREIRA, N. C.; MENDONÇA, J. B.; NORBONA, R. A. 2012. Caracterização de bebida obtida a partir de leite fermentado simbiótico adicionado de polpa de goiaba e avaliação da viabilidade das bifidobactérias. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 386, p. 45 – 54.

GAMBELLI L., BELLONI P., INGRAO G., PIZZOFERRATO L., SANTARONI G.P. Mineral and trace elements in some Italian dairy products. **Journal of Food Composition and Analysis**, 12, p.27–35, 1999.

GRANDI, A. Z.; ROSSI, D. A. Avaliação dos itens obrigatórios na rotulagem nutricional de produtos lácteos fermentados. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São

Paulo, v. 69, n. 1, p. 62-68, 2010.

HAIDA, K. S.; HAAS, J.; MELLO, S. A.; RICARDO, M. A.; SAHD, R. Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Fresca e Congelada. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.1-72, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas analíticas de Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. São Paulo, v.1, 2005. 1018 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo, 2008.

LIMA, C. M. F. Monitoramento de temperaturas de equipamentos de refrigeração em supermercados da cidade de Maceió – AL. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.25, n. 194/195, p.35-39, 2011.

LIMA, N. D. Determinação da concentração de vitamina C em diferentes marcas e tipos de suco de goiaba comercializado na cidade de Quixeramobim-CE. **Higiene Alimentar**, v.27, n.218/219, p.1503- 1506, 2013.

LIMA, T. L. S.; CAVALCANTE, C. L.; SOUSA, D. G.; SILVA, P. H. A.; SOBRINHO, L. G. A. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. **Revista Verde**, Pombal – PB, v. 10, n.2, p.49 - 55, 2015.

MACEDO, L. N.; LUCHESE, R. H.; GUERRA, A. F.; BARBOSA, C. G. Efeito prebiótico do mel sobre o crescimento e viabilidade de *Bifidobacterium* spp. e *Lactobacillus* spp. em leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 935-942, 2008.

MENEZES, A.C.S; Desenvolvimento de bebida láctea fermentada á base de soro de leite e polpa de cajá com potencial atividade probiótica. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

MORITA, A. S.; GOIS, V. A.; PRAÇA, E. F.; TAVARES, J. C.; ANDRADE, J. C.; COSTA, F. B.; BARROS-JUNIOR, A. P.; SOUSA, A. H. Cristalização de melão pelo processo lento de açucaramento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 705-708, 2005.

MOURA, R. L. Avaliação da qualidade físico-química de diferentes marcas de doce cremoso de goiaba comercializadas em Quixeramobim-CE. **Higiene Alimentar**, v.27, n.218/219, p.1364-1366, 2013.

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

RAMOS, A. C. S. M.; STAMFORD, T. L. M.; MACHADO, E. C. L.; LIMA, F. R. B.; GARCIA, E. F; ANDRADE, S. A. C.; SILVA, C. G. S. Elaboração de bebidas lácteas fermentadas: aceitabilidade e viabilidade de culturas probióticas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2817-2828, 2013.

ROSSI JUNIOR, J. A.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, n.3, p.144-158, 1965.

ROUTRAY, W.; MISHRA, H.N. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. **Comprehensive Review in Food Science and Food Safety**, v.10, n.4, p.208-220, 2011.

- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. 2007. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico** 127 – EMBRAPA.
- SANTOS, D. B. dos; MACHADO, M. S.; CONCEIÇÃO, A. L. da S.; BELO, G. de O.; CARDOSO, R. L. Elaboração e análises físico-química, microbiológica e sensorial de sorvete de mandioca de mesa (*Manihotesculenta*Crantz). Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 821 – 831, 2012.
- SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 508-514, 2014.
- SILVA, R. R. L.; MORAIS, H. M. B. R.; MARTINS, A. N. A.; SANTOS, D. C. Caracterização físico-química de bebida láctea fermentada sabor uva com adição de prebiótico. **Revista AGROTEC**, v. 35, n. 1, p. 208–212, 2014.
- THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006.

## CAPÍTULO II

### CINÉTICA DA SECAGEM E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CASCA DE GOIABA

**Resumo:** A secagem de produtos agroindustriais é utilizada visando preservar as qualidades sensoriais e nutricionais, bem como reduzir a atividade biológica, impedindo a deterioração e perda do valor comercial. Objetivou-se estudar a modelagem matemática da secagem da casca de goiaba para obtenção de farinha, bem como determinar e avaliar o coeficiente de difusão efetiva, obter a energia de ativação e as propriedades termodinâmicas nas temperaturas de secagem de 45, 55, 65 e 75°C. O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, as goiabas foram adquiridas no comércio local do município de Rio Verde Goiás, no estágio de maturação comercial. Dentre os modelos analisados, Midillifoi o melhor para representar o fenômeno de secagem. O coeficiente de difusão efetivo aumentou com a elevação da temperatura ea energia de ativação para a difusão líquida na secagem foi de 37,207kJ mol. A entalpia e entropia aumentaram com o aumento da temperatura de secagem. Enquanto a energia livre de Gibbs aumentou com o aumento da temperatura de secagem.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava*. Modelagem matemática. Energia de ativação. Modelo de Midilli.

### DRYING KINETICS OF THERMODYNAMIC PROPERTIES OF GUAVA BARK

**ABSTRACT:** The drying of agroindustrial products is used to preserve the sensory and nutritional quality and to reduce the biological activity, preventing deterioration and loss of commercial value. The objective was to study the mathematical modeling of Guava peel drying to obtain flour and to determine and evaluate the effective diffusion coefficient, get the activation energy and the thermodynamic properties in drying temperatures of 45, 55, 65 and 75°C W. The experiment was conducted in the Goiano Instituto Federal- Campus Rio Verde, the guava were purchased in local shops in the city of Rio Verde Goiás, in the commercial maturity stage. Among the analyzed models, Midilli was the best to represent the drying phenomenon. The effective diffusion coefficient increased with increasing temperature and the activation energy for liquid diffusion in drying was 37.207kJ mol. The enthalpy and entropy increased with increasing drying temperature. While the Gibbs free energy increased with increasing drying temperature.

**Keyword:** *Psidium guajava*. Mathematical modeling. Activation Energy. Midilli model.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais produz resíduos agroindustriais, como os resíduos de frutos das indústrias de polpas, o que tem contribuído para o aumento da

produção do lixo orgânico, provocando graves problemas ambientais. Tais resíduos poderiam ser utilizados, minimizando o desperdício de alimentos e gerando nova fonte alimentar (SOUSA et al., 2011a).

A secagem de produtos agroindustriais é utilizada visando preservar as qualidades sensoriais e nutricionais, bem como reduzir a atividade biológica, impedindo a deterioração e perda do valor comercial (SOUSA et al., 2011b; FURTADO et al., 2010). Lima et al., (2007) relataram que o processo de secagem deve acontecer de forma controlada para que seja uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material que podem provocar a perda da qualidade do produto.

Frutos tropicais como a goiaba (*Psidiumguajava*) são comumente consumidos *in natura*, uma vez que as características de cor, textura, aroma e propriedades nutricionais podem ser melhor apreciadas nestas condições. Entretanto, por serem extremamente perecíveis, são, em sua grande maioria, processadas na forma de sucos, néctares, polpas, geleias e doces (INFANTE et al., 2013). Desta forma a produção de resíduos produzidos pelas indústrias alimentícias gera grandes impactos ao meio ambiente, uma vez que nem sempre esse material é descartado devidamente.

A secagem de resíduos de frutos visa reduzir o desperdício além de ser uma alternativa para o processamento de novos produtos alimentícios com alto valor nutricional (SOUSA et al., 2015).

Quando o material vegetal é colocado em contato com o ar quente ocorre transferência de calor do ar para o produto sob efeito da diferença de temperatura existente entre estes. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de massa para o ar, na forma de vapor de água (ALEXANDRE et al., 2013).

Os efeitos da secagem alteram as propriedades físicas e químicas do produto e estes, por sua vez, afetam o processo de transferência de calor e massa, por isso é fundamental conhecer os efeitos e o controle (MARTINS et al., 2014).

Neste contexto, objetivou-se estudar a modelagem matemática da secagem da casca de goiaba para obtenção de farinha, bem como determinar e avaliar o coeficiente de difusão efetiva, obter a energia de ativação e as propriedades termodinâmicas nas temperaturas de secagem de 45, 55, 65 e 75°C.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Matéria-prima**

Os frutos de goiaba foram adquiridos no comércio local do município de Rio Verde Goiás, no estágio de maturação comercial. Foram lavados em água corrente seguido de enxágue, posteriormente higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 10 minutos, descascados com facas de aço inox previamente sanitizadas, e os resíduos (casca da goiaba) foram cortados uniformemente para obter um tamanho padrão com aproximadamente  $17,20 \pm 0,28$  mm de comprimento,  $12,10 \pm 1,66$  mm de largura e  $2,30 \pm 0,28$  mm de espessura, e congeladas em freezer horizontal a  $-18^{\circ}\text{C}$  até a realização das secagens. As cascas foram descongeladas em temperatura de refrigeração a  $5^{\circ}\text{C}$  antes do início da secagem.

### **Secagem da Casca da Goiaba**

As secagens das cascas de goiaba foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, e se determinou o teor de água inicial de  $6,89 \pm 0,11$  decimal base seca (b.s.), pelo método de estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até massa constante das cascas de goiaba.

A seguir, as cascas foram acondicionadas em três bandejas inox com aproximadamente 150g de cascas, uniformemente espalhadas com espátulas de aço inoxidável, e submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçada, em quatro condições de temperatura 45, 55, 65 e  $75^{\circ}\text{C}$  que promoveram as umidades relativas médias de 23,3%; 14,2%; 8,9% e 5,8%, respectivamente. O acompanhamento da redução da massa durante a secagem foi feito com auxílio de balança com resolução de 0,01g através de pesagens em períodos regulares.

A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto até atingir a massa constante.

As temperaturas do ar de secagem e temperatura ambiente foram monitoradas por meio de um termômetro no interior e exterior do secador, sendo a umidade relativa no interior da estufa obtida por meio dos princípios básicos de psicrometria, com o auxílio do programa computacional GRAPSI.

### Modelagem Matemática da Secagem da Casca da Goiaba

Para a determinação das razões de teor de água das cascas de goiabas durante a secagem, utilizou-se a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Em que: RX: razão de teor de água do produto, adimensional; X: teor de água do produto (b.s.);  $X_i$ : teor de água inicial do produto (b.s.);  $X_e$ : teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da secagem de produtos vegetais, Tabela 1, foram ajustados aos dados experimentais da secagem das cascas de goiaba.

**Tabela 1-** Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.

Designação do modelo	Modelo	
$RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	Wang e Sing	(2)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k_1 \cdot t)$	Verma	(3)
$RX = \exp \left( \frac{\left( -a - \left( a^2 + 4 \cdot b \cdot t \right)^{0,5} \right)}{2 \cdot b} \right)$	Thompson	(4)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page	(5)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Newton	(6)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli	(7)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logarítmico	(8)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis	(9)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	Exponencial de Dois Termos	(10)
$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois Termos	(11)
$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	Aproximação da Difusão	(12)

Em que: t: tempo de secagem, h,  $k_0$ ,  $k_1$ : constantes de secagem  $h^{-1}$ ; ea, b, c, n: parâmetros dos modelos.

Os modelos matemáticos foram ajustados por meio de análise de regressão não linear pelo método Gauss-Newton e, para o grau de ajuste, considerou-se a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), do erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE).



### Coefficiente de Difusão Efetivo e Energia de Ativação

O modelo da difusão líquida para a forma geométrica de placa plana, com aproximação de oito termos (Equação 15), foi ajustado aos dados experimentais de secagem das cascas de goiaba, considerando a área superficial e o volume, de acordo com a seguinte expressão:

$$RU = \frac{U^* - U_e^*}{U^* - U_e^*} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_i=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_i+1)^2} \exp \left[ -\frac{(2n_i+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{4} \cdot \left( \frac{S}{V} \right)^2 \right] \quad (13)$$

em que:RU: razão de umidade do produto, adimensional; $n_i$ : número de termos;S: área da superfície do produto, m<sup>2</sup>; eV: volume do produto, m<sup>3</sup>.

A área superficial (S) das cascasdegoiabafoi calculada de acordo com a expressão:

$$S = \pi \cdot D_g \quad (14)$$

$$D_g = (A \cdot B \cdot C)^{1/3} \quad (15)$$

Em que:D<sub>g</sub>: diâmetro geométrico médio; A: comprimento, mm;B: largura, mm; eC: espessura, mm.

O volume das cascas de goiaba foi obtido de acordo com a expressão proposta por Mohsenin, (1986):

$$V = \frac{\pi \cdot A \cdot B \cdot C}{6} \quad (16)$$

A relação entre o coeficiente de difusão efetivo e a elevação da temperatura do ar de secagem foi descrita por meio da equação de Arrhenius.

$$D = D_0 \cdot \exp \left( \frac{-E_a}{R \cdot T_{ab}} \right) \quad (17)$$

Em que: D<sub>0</sub>: fator pré-exponencial;E<sub>a</sub>: energia de ativação, kJmol<sup>-1</sup>;R: constante universal dos gases, 8,134 kJ kmol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>; eT<sub>ab</sub>: temperatura absoluta, K.

Os coeficientes da expressão de Arrhenius foram linearizados com a aplicação do logaritmo na seguinte forma:

$$\ln D = \ln D_0 - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_{ab}} \quad (18)$$

### Propriedades Termodinâmicas da Secagem

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem das cascas de goiaba foram obtidas pelo método descrito por Jideani&Mpotokwana (2009):

$$H = E_a - R \cdot T \quad (19)$$

$$S = R \cdot \left( \ln k - \ln \frac{k_B}{h_p} \right) - \ln T_{\text{abs}} \quad (20)$$

$$G = H - T_{\text{abs}} \cdot S \quad (21)$$

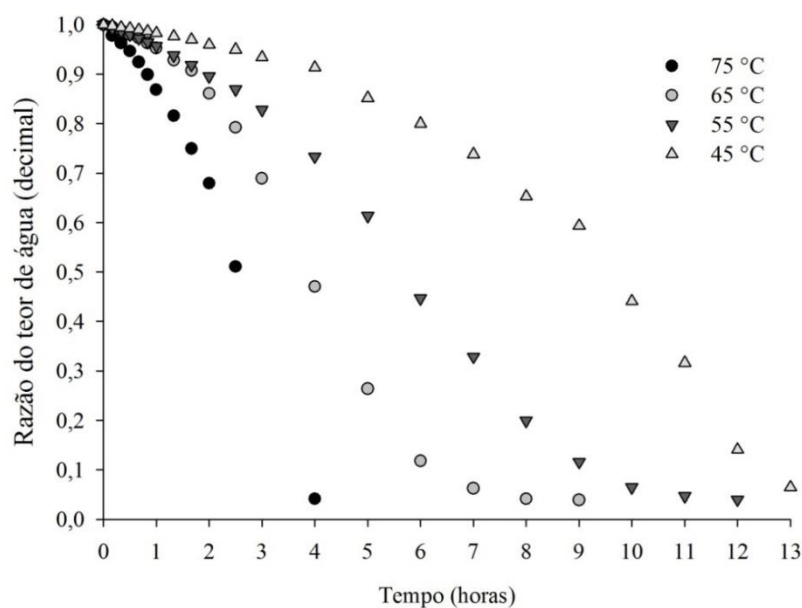
Em que: H = entalpia, J mol<sup>-1</sup>; S = entropia, J mol<sup>-1</sup>; G = energia livre de Gibbs, J mol<sup>-1</sup>; k<sub>B</sub> = constante de Boltzmann, 1,38 x 10<sup>-23</sup> J K<sup>-1</sup>; e h<sub>p</sub> = constante de Planck, 6,626 x 10<sup>-34</sup> J s<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cinética de secagem e modelagem matemática

O tempo necessário para que as cascas de goiaba atingissem o teor de água de 0,167±0,012 base seca (decimal, b.s.) foi de 13; 12; 9 e 4 h para as temperaturas de secagem de 45, 55, 65 e 75°C, respectivamente, evidenciando que o aumento da temperatura do ar promove redução no tempo de secagem das cascas de goiaba (Figura 1).

A temperatura de 75°C apresentou menor tempo de desidratação, em relação às demais temperaturas. O aumento da temperatura do ar de secagem fez com que houvesse maior taxa de remoção de água do produto devido ao maior gradiente de umidade entre o produto e o ar, decrescendo o tempo necessário para reduzir o teor de água até a massa constante (SOUSA et al., 2011c).



**Figura 1** - Razão de teor de água da casca de goiaba longa do tempo de secagem em quatro condições de temperatura.

O mesmo fenômeno foi constatado por Menezes et al., (2013) e Ferreira et al., (2010) ao estudarem sobre secagem da casca e bagaço de maracujá amarelo, e Filho et al., (2014) com resíduo de acerola, ao observarem comportamento uniforme e contínuo, nas condições de temperatura avaliadas, havendo de modo geral diferença, apenas nos tempos de secagem. Seguindo a tendência da maioria dos produtos vegetais já estudados.

Analisando os valores obtidos referentes ao erro médio estimado (SE), os modelos apresentaram valores baixos, próximos a zero, sendo relevantes para o bom ajuste dos modelos aos dados experimentais, observa-se que o modelo Midilli apresentou menor valor quando comparado aos demais modelos (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores para o teste de *Qui*-quadrado ( $\chi^2$ , decimal) e erro médio estimado (SE, decimal) calculados para os onze modelos utilizados na representação da cinética de secagem das cascas de goiaba.

Modelo	Temperatura (°C)							
	45		55		65		75	
	SE	$\chi^2$	SE	$\chi^2$	SE	$\chi^2$	SE	$\chi^2$
Wang e Sing	0,0187	0,0003	0,0627	0,0039	0,0885	0,0078	0,0099	0,0001
Verma	0,1394	0,0194	0,0528	0,0028	0,0539	0,0029	0,1327	0,0176
Thompson	0,1356	0,0184	0,1243	0,0155	0,1421	0,0202	0,1259	0,0158
Page	0,0363	0,0013	0,0215	0,0005	0,0156	0,0002	0,0405	0,0016
Newton	0,1323	0,0175	0,1212	0,0147	0,1378	0,0190	0,1200	0,0144
Midilli	0,0137	0,0002	0,0162	0,0003	0,0093	0,0001	0,0078	0,0001
Logarítmico	0,0873	0,0076	0,0567	0,0032	0,0777	0,0060	0,0610	0,0037
Henderson e Pabis	0,1222	0,0149	0,1047	0,0110	0,1161	0,0135	0,1110	0,0123
Exponencial de Dois Termos	0,1356	0,0184	0,1243	0,0155	0,1421	0,0202	0,1259	0,0158
Dois Termos	0,1288	0,0166	0,0501	0,0025	0,1241	0,0154	0,1241	0,0154
Aproximação da Difusão	0,1046	0,0109	0,0528	0,0028	0,0915	0,0084	0,0721	0,0052

Em relação ao teste de *Qui*-quadrado( $\chi^2$ ), os onze modelos analisados se encontram no intervalo de confiança de 95%. Porém, o modelo de Midilli apresenta menor valor obtendo melhor ajuste.

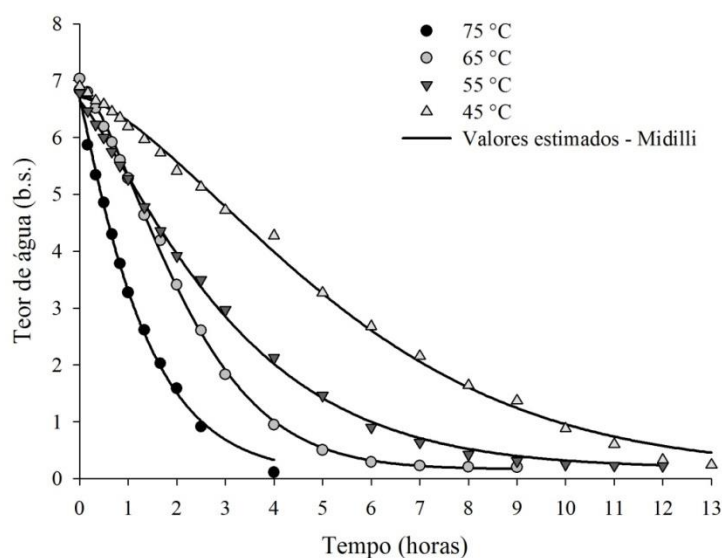
Observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos Wang & Singh, Page, Midilli, Logarítmico e Aproximação da Difusão apresentaram valores superiores a 95% para todas as temperaturas de secagem (Tabela 3), indicando, segundo Madamba et al. (1996) e Vieira (2012), uma representação satisfatória do processo de secagem. Sendo o modelo de Midilli o que apresentou maior valor de  $R^2$  para os dados experimentais da casca de goiaba, pois quanto maior o  $R^2$  melhor é o procedimento de ajuste (MAZUTTI et al., 2010).

Analisando os valores do erro médio relativo (P), observou-se que apenas o modelo Midilli apresentou valores inferiores a 10% indicando conforme Mohapatra & Rao, (2005) ser o modelo adequado para representação do fenômeno.

**Tabela 3** - Erro médio relativo e coeficiente de determinação (P, R<sup>2</sup>, %) durante a secagem das cascas de goiaba a 45; 55; 65 e 75°C.

Modelos	Temperatura (°C)							
	45		55		65		75	
	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>
Wang e Singh	3,86	99,61	32,51	97,30	44,45	95,02	1,88	99,88
Verma	43,07	79,50	25,48	98,19	24,32	98,27	72,53	80,73
Thompson	42,13	79,56	65,88	89,41	79,80	87,17	72,53	80,73
Page	9,32	98,54	6,44	99,68	9,93	99,84	17,37	98,01
Newton	42,13	79,56	65,86	89,41	79,80	87,17	72,53	80,73
Midilli	3,30	99,81	5,83	99,84	2,31	99,95	0,96	99,94
Logarítmo	23,24	91,96	27,82	97,91	37,70	96,40	24,82	95,92
Henderson e Pabis	38,09	83,42	54,61	92,49	63,15	91,43	62,92	85,01
Exponencial de dois termos	42,13	79,56	65,86	89,41	79,80	87,17	72,53	80,73
Dois termos	38,09	83,42	23,31	98,46	63,16	91,43	62,92	85,01
Aproximação da difusão	28,30	88,46	25,48	98,19	43,00	95,01	39,00	94,31

Conforme os resultados obtidos para o erro médio estimado (SE), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e erro médio relativo (P), a equação de Midilli, foi a que melhor representou os dados experimentais para prever a curva de secagem das cascas de goiaba (Figura 1), estando as curvas do modelo acompanhando os pontos experimentais com pequenos desvios, apresentando menor umidade final e menor tempo de secagem, comportamento semelhante ao encontrado por Menezes et al. (2013) ao secarem bagaço de maracujá em secador convectivo às temperaturas de 55°C e 65°C.



**Figura 2** - Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo Midilli para a secagem das cascas de goiaba, nas diversas condições de temperatura.

Resultados semelhantes foram observados por Reis et al. (2011) em avaliação da modelagem matemática de pimenta cumari nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C. Os pesquisadores concluíram que o modelo de Midilli et al. (2002) foi que melhor representou a cinética de secagem da pimenta, assim como Martins et al. (2015) em estudo cinética de secagem de folhas de *Ziziphusjoazeiro*.

Com relação aos valores dos coeficientes “a”, “k”, “n” e “b” do modelo de Midilli ajustado aos dados experimentais da secagem da casca da goiaba (Tabela 4), observa-se que os coeficientes “a”, “n” e “b” não apresentaram tendência definida dos valores em relação à temperatura de secagem, neste caso, podem ser tratados como variáveis empíricas. Apenas a constante de secagem “k” para o modelo de midilli, aumentou com a elevação da temperatura do ar de secagem (Tabela 4).

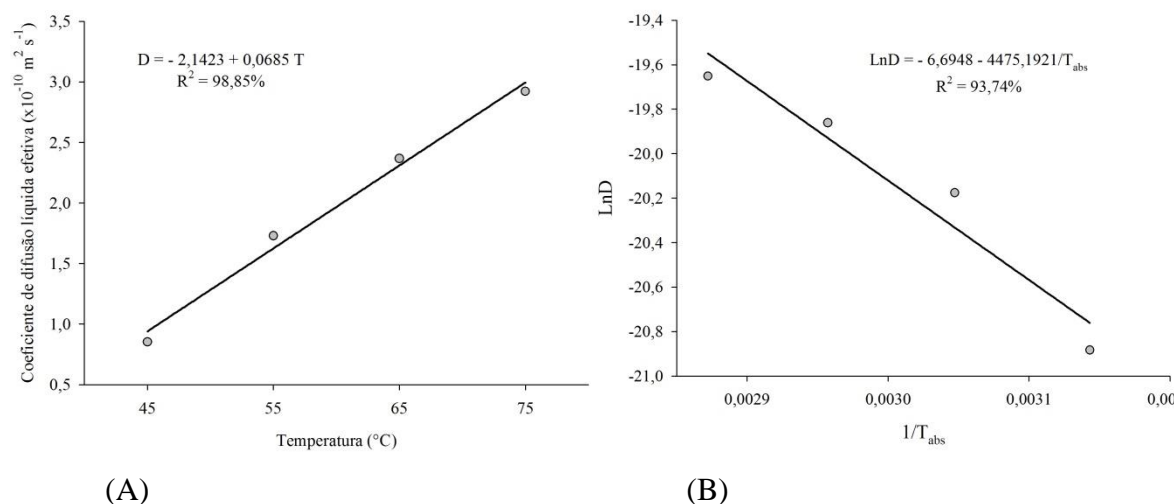
**Tabela 4** - Parâmetros do modelo Midilli ajustados para as diferentes condições de secagem das cascas de goiaba, com a respectiva equação em função da temperatura.

Parâmetros	Temperatura (°C)			
	45	55	65	75
	<b>Midilli</b>			
a	1,3669**	0,975186**	0,982641**	0,9953939**
k	0,000075*	0,011808**	0,022718**	0,029091**
n	3,742882**	2,339413**	2,552831**	2,477962**
b	-0,02207**	0,000211 <sup>ns</sup>	0,003536**	-0,091031**

\*\*Significativo a 1% pelo teste t. \*Significativo a 5% pelo teste t. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste t.

Segundo Madamba et al. (1996), a constante de secagem k pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente. Comportamento observado por Siqueira et al. (2012) e Goneli et al. (2009) para a cinética de secagem de pinhão-manso e café.

A determinação do coeficiente de difusão efetivo para as diferentes temperaturas do ar de secagem das cascas de goiaba (Figura 3A) apresentou comportamento linear crescente em que os valores do coeficiente de difusão efetivo, aumentaram em resposta a elevação da temperatura do ar de secagem, variando de  $0,85 \times 10^{-9}$  a  $2,92 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para a faixa de temperatura de 45 a 75 °C.



**FIGURA 3** - Coeficiente de difusão efetivo (A) e a representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo (B) obtido para a secagem das cascas de goiabanas temperaturas de 45, 55, 65, e 75  $^{\circ}\text{C}$ .

Este comportamento indica maior magnitude do transporte de água do interior para o exterior do produto, corroborando com Silva et al. (2015) na cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo. Menezes et al. (2013) ressaltaram que os coeficientes de difusão efetivo apresentam-se na ordem de  $10^{-10}$  a  $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para a secagem do bagaço do maracujá amarelo. Segundo Madamba, (2003) os valores do coeficiente de difusividade para materiais alimentícios encontram-se dentro de uma faixa de  $10^{-11}$  a  $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , sendo que resultados obtidos experimentalmente do coeficiente de difusão dos frutos das cascas de goiaba se encontram nessa ordem de grandeza.

O coeficiente de difusão efetivo da casca da goiaba com relação à temperatura do ar de secagem foi representado pela expressão de Arrhenius, conforme Figura 3B. A energia de ativação para a difusão efetiva da casca de goiaba foi de aproximadamente 37,207 kJ mol para as temperaturas estudadas (Figura 3B). Silva et al. (2014) verificaram que a energia de ativação foi de 34,51 kJ mol para a secagem de guandu para a faixa de temperatura de 40 a 70  $^{\circ}\text{C}$ . Doymaz, (2005) estudando secagem de cenoura obteve energia de ativação de 28,36 kJ mol.

Como a energia de ativação é considerada uma barreira a ser atravessada para que o processo de difusão no produto possa ocorrer (KASHANINEJAD et al., 2007), quanto menor a energia de ativação, maior será a difusividade de água no produto por unidade de tempo.

Verifica-se que a entalpia (H) reduziu com o aumento da temperatura (Tabela 5).

Tal ocorrido indica a necessidade de menos energia para remover a água ligada ao grão durante a secagem, conforme constatado por Corrêa et al. (2010) pois a entalpia está relacionada com a energia necessária para remover a água ligada ao produto durante o processo de secagem, desta forma, a entalpia reduz com o aumento da temperatura de secagem (OLIVEIRA et al., 2014).

**Tabela5** - Valores de entalpia (H, J mol<sup>-1</sup>), entropia (S, J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>) e energia livre de Gibbs (G, J mol<sup>-1</sup>) para diferentes condições de ar de secagem das cascas de goiaba.

Temperatura (°C)	Propriedades termodinâmicas		
	H	S	G
45	34561,71	-229,64	107621,23
55	34478,57	-229,90	109918,91
65	34395,43	-230,15	112219,12
75	34312,29	-230,39	114521,79

A entropia diminui com o incremento da temperatura de secagem. Segundo Jideane & Mptokawana, (2009) e Corrêa et al., (2010), a entropia tende a reduzir, com aumento da temperatura, pois quando a temperatura diminui, ocorre menor excitação das moléculas de água, e aumenta o grau de ordem entre o sistema água e o produto. Os valores negativos de entropia são atribuídos à existência de adsorção química e/ou modificações estruturais do adsorvente (MOREIRA et al., 2008).

Observou-se que a energia livre de Gibbs aumentou com o decréscimo do teor de água, sendo positiva para todas as temperaturas estudadas. Os valores de energia livre de Gibbs positivos são característicos de reação exógena, ou seja, que necessita de um agente externo fornecendo energia ao ambiente. Conforme Oliveira, (2013) e Martins et al., (2015) estudando a secagem de folha de timbó para as temperaturas de 40 a 70°C, verificaram o mesmo comportamento. Estes valores positivos já eram esperados, uma vez que a dessorção é um processo não espontâneo, conforme observado no presente trabalho.

## CONCLUSÃO

O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou para a secagem da casca de goiaba. Houve redução no tempo de secagem com aumento da temperatura.

O coeficiente de difusão efetivo aumentou com a elevação da temperatura de secagem. A energia de ativação para a obtenção da farinha da casca de goiaba foi de



37,207kJ mol. A entalpia e entropia diminuíram com o aumento da temperatura. A energia livre de Gibbs foi positiva e aumentou com a elevação da temperatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p. 640-646, 2013.
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. 1974. Microflora. In: Christensen, C.M. (Ed) Storage of cereal grain and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. p.158-192.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.5, p. 595-601, 2010.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO A. P.; GONELI, A. L. G.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.
- DOYMAZ, I. Drying behaviour of green beans. **Journal of Food Engineering**, v. 69, n. 2, p. 161-165, 2005.
- 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**, v.12, n.1, p.9-14, 2010.
- GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Café:64-73, 2009.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 1ª ed digital, São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, v.24, n.1, p.7-91, 2013.
- JIDEANI, V. A.; MPOTOKWANA, A, S.M. Modeling of water absorption of Botswana bambara varieties using Peleg's equation. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 92, n. 2 p. 182-188, 2009.
- KASHANI-NEJAD, M. A.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI A. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, p. 98-108, 2007.
- LEITE, A. L. M. P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, D. P. P. Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015.
- LIMA, E. E. DE; FIGUEIRÊDO, R. M. E. DE; QUEIROZ, A. J. DE M. Cinética de secagem de polpa de facheiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.1, p.17-28, 2007.
- STRÖHER, M. L.; PEREIRA, A. P.; BARROS, N. C. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engvista**, v. 15, n.2, p.176-186, 2013.
- MADAMBA, P. S. Thin layer drying models for osmotically pré-dried young coconut. **Drying technology**, v.21, n.9, p.1759-1780, 2003.

- MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjaniamarginata casar*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015.
- MARTINS, J. J. A.; MARQUES J. I.; SANTOS, C. D.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.
- MAZUTTI, M. A.; ZABOT, G.; BONI, G.; SKOVRONSKI, A.; OLIVEIRA, D.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; RODRIGUES, M. I.; TREICHEL, H.; MAUGERI, F. Mathematical modeling of thin-layer drying of fermented and nonfermented sugarcane bagasse. *Biomass and Bioenergy*, v. 34, n. 5, p. 780-786, 2010.
- MENEZES, M. L.; STRÖHER, A. P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. *Engevista*, v. 15, n. 2, p. 176-186, agosto 2013.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D.; VALLEJO, N. Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruits. **Journal of Food Engineering**, California, v. 88, n. 4, p. 514-521, 2008.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOUSA, K. A.; SMANIOTTO, T. A. S. Propriedades termodinâmicas das sementes de pinhão-mansô. **Bioscience Journal**, v.30, p.147-157, 2014.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A.S.; CAMPOS, R. C.; CHAVES, T. H. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 190-201, 2012.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management & Innovation*, v.2, p.118-127, 2007.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.2, p.118-127, 2007.
- REIS, R.C.; BARBOSA, L.S.; LIMA, M.L.; REIS, J.S.; DEVILLA, I.A.; ASCHERI, D.P.R. Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.4, p.347-533, 2011.
- SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MOREIRA, M. E. R.; MATA, C.; DUARTE, M. E. M. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v.17, n.4, p.310-318, 2014.
- SILVA, L.A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z.Z.; BESSA, J.F.V.; MORAIS, W.A.; VIDAL, V.M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.4, supl. II, p.953-963, 2015.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Drynkinetics of jatrophaseeds. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.2, p. 171-177, 2012.
- SOUSA, F. C.; MARTINS, J. J. A; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; PESSOA, T.; MARTINS, J.N. Predição de modelos sobre a cinética de secagem de folhas de *Ziziphus joazeiro*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.2, p.195-200, 2015.
- SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; SILVA, L. M. M.; MARTINS, J. J. A.; GOMES, J. P.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem de polpa de oiti. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.26, n.2, p.108-112, 2011b.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro(*Raphanussativus*L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011c.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p.554-559, 2011a.

## CAPÍTULO III

### CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DA CASCA DE GOIABA

**Resumo:** O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Na secagem das cascas, utilizou-se estufa com circulação de ar e moinho para moagem da farinha. Diante do exposto, objetivou-se analisar a qualidade nutricional da farinha da casca de goiaba em função das temperaturas de secagem de 45°C, 55°C, 65°C e 75°C. As farinhas da casca de goiaba apresentaram redução no teor de água livre, com o aumento da temperatura de secagem houve desnaturação das proteínas e redução no teor de lipídios. A (FCG) destacou-se com potencial antioxidante e teor de fenólicos totais, sendo a secagem a 45°C a que mais se destacou para a manutenção da composição nutricional e atividade antioxidante e compostos fenólicos da FCG.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava*. Aproveitamento de resíduos. Atividade antioxidante.

### CHARACTERIZATION OF FLOUR FROM GUAVA PEEL

**Abstract:** The experiment was conducted at the Goiano Federal Institute - Campus Rio Verde (IF Goiano). In the drying of the peel, there were used an oven with air circulation and mill for milling flour. Given the above, aimed to analyze the nutritional quality of guava peel flour depending on the drying temperatures of 45°C, 55°C, 65°C and 75°C. The guava peel flour had a reduction in free water content and with the increase in drying temperature there was a protein denaturation and reduction in the lipids content. The flour stood out with antioxidant potential and total phenolic content, being the drying at 45 ° C the one that stood out for the maintenance of the nutritional composition and antioxidant activity and phenolic compounds of the flour.

**Keywords:** Recovery of waste. Flour Guava bark. Antioxidant activity.

### INTRODUÇÃO

A goiabeira é uma árvore frutífera pertencente à família Myrtaceae, de ocorrência espontânea em grande parte do Brasil, os frutos são de coloração amarela quando maduros com cerca de 5 cm de diâmetro, e o mesocarpo, de coloração rosea, com inúmeras sementes (GUTIÉRREZ et al., 2008).

A indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, produz ao longo da cadeia produtiva grande quantidade de resíduos agroindustriais, além de inúmeros problemas ambientais. Essa quantidade de resíduos, segundo alguns autores, constitui 65% a 70% da massa total dos frutos, com algumas variações, conforme a espécie do fruto (SOUSA et al., 2011).

Esses resíduos, ao saírem da indústria, apresentam alto teor de umidade, que, no resíduo de goiaba, pode chegar a 53% (SILVA et al., 2006).

A secagem é um processo utilizado para preservar a qualidade dos alimentos que consiste na retirada do máximo de água contida no produto, de modo a desfavorecer o desenvolvimento de micro-organismos e eliminar quase totalmente as atividades metabólicas (PALACIN et al., 2005)

Uma alternativa que vem crescendo desde o início da década de 1970 consiste no aproveitamento destes resíduos como matéria-prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de ser incluída na alimentação humana como a farinha (THOMAZ et al., 2014).

O mercado consumidor tem se mostrado cada vez mais exigente na busca por alimentos nutritivos, que tragam na formulação algum apelo saudável, mas, que ainda assim seja agradável sensorialmente em todos os aspectos, sejam estes visuais, analisando a aparência e cor dos produtos, e aspectos funcionais e nutricionais (ARAÚJO et al., 2014).

As farinhas de boa qualidade podem ser adicionadas para fortificar biscoitos, bolos e pães, tornando a proteína mais balanceada, sem alterar muito a qualidade tecnológica, reduzindo o custo final da produção (BORGES et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se analisar a qualidade nutricional da farinha da casca de goiaba em função das temperaturas de secagem de 45°C, 55°C, 65°C e 75°C.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Matéria-prima**

Os frutos de goiaba foram adquiridos no comércio local no município de Rio Verde Goiás, no estádio de maturação comercial. Foram lavados em água corrente seguido de enxágue, posteriormente higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 10 minutos, descascados com facas de aço inox previamente sanitizadas, uniformemente para obter tamanho padrão.

### **Obtenção da Farinha da Casca da Goiaba**

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Na secagem das cascas, utilizou-se estufa com circulação de ar em temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C, até massa constante. Após o processo de secagem as cascas foram

trituras em moinho de rotor tipo ciclone da marca TECNAL<sup>®</sup> modelo TE-651/2 para obtenção da farinha da casca de goiaba (FCG).

### **Composição Centesimal**

O teor de água foi realizado segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) por secagem direta a 105°C até peso constante.

As cinzas foram determinadas por meio da carbonização total da matéria orgânica em forno mufla (Bravac, M2) a 550°C, até obter cinzas claras, como descritas no método oficial n° 923.03 da AOAC, (1995).

Para análise de proteína bruta, determinou-se o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, segundo o método oficial n° 960.52 da AOAC International (1995). O nitrogênio total foi convertido em proteína bruta utilizando-se o fator 6,25.

Para a determinação do extrato etéreo, utilizou-se metodologia de extração contínua em aparelho tipo Soxhlet, com uso de solvente orgânico hexano P.A., durante o período de 8 horas de extração, segundo método n° 925.38 (AOAC, 2000). O resultado foi expresso em g100g<sup>-1</sup> de matéria seca.

### **Coordenadas Colorimétricas**

Os parâmetros instrumentais de cor (L\*, a\* e b\*) das amostras de farinha da casca de goiaba foram analisados em Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Flex EZ, no Laboratório de Pós-colheita Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Os valores de L\* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os valores do croma a\* variam do verde (-60) ao vermelho (+60) e os valores do croma b\* variam do azul ao amarelo, ou seja, de -60 a +60, respectivamente.

### **Atividade Antioxidante Total e Fenólicos Totais**

A avaliação da atividade antioxidante foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH, segundo metodologia descrita por RUFINO et al., (2007).

O índice de polifenóis totais foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin-Ciocalteu (ROSSI, 1965). Os resultados obtidos foram calculados com base no ácido gálico como padrão, preparou-se uma curva e os resultados foram calculados e representados graficamente, utilizando o gradiente concentração em função da absorbância. Foram expressos em mg ácido gálico100g<sup>-1</sup> de

massa seca.

### **Perfil de Minerais**

As análises de macro e micronutrientes minerais da farinha da casca de goiaba foram realizadas no Laboratório Solotech localizado no município de Rio Verde – Goiás. Para análise de fósforo fez-se a digestão da amostra (FCG) com mistura Nitroperclórica e determinação do elemento por colorimetria com Molibdato de Amônio e Ácido Ascórbico. Na análise de potássio ocorreu a digestão da amostra (FCG) com mistura nitroperclórica e determinação do elemento por Fotometria de Chama. Para determinação de cálcio e magnésio e dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn), fez-se a digestão da amostra com mistura nitroperclórica e determinação dos elementos por absorção atômica(AOAC,1995).

### **Microscopia Eletrônica de Varredura**

A análise microestrutural da farinha da casca da goiaba foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução da Universidade Federal de Goiás, através de microscópio eletrônico de varredura eletrônica (JSM-6610/ Jeol®), equipado com EDS, ThermoScientific NSS SpectralImaging. As amostras foram previamente desengorduradas por extração em Soxhlet, método nº 1.122 (IUPAC, 1979), alocadas em *stubs* de alumínio com fita dupla face, banhadas por um filme ultrafino de ouro (material eletricamente condutivo), permitindo o princípio de funcionamento do MEV, por emissão de feixes de elétrons com voltagem de aceleração de 5 kV por um filamento de tungstênio. As micrografias foram realizadas com aumentos de 300x.

### **Análise Estatística**

As análises de composição centesimal das farinhas da casca de goiaba, cor, atividade antioxidante e compostos fenólicos, foram realizadas por meio de regressão linear em função das temperaturas de secagem com o uso de pacote estatístico. O delineamento foi inteiramente ao acaso em triplicata de análises.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A farinha obtida da moagem da casca de goiaba apresentou redução nos teores de água com o aumento da temperatura(Figura 1A), podendo ser classificados como

farinha, de acordo com a Resolução RDC nº 263 da ANVISA (BRASIL, 2005), que estabelece o máximo de 15% (m/m) de umidade para farinhas, as farinhas apresentaram-seem acordo com a legislação, sendo que este resultado não permite o crescimento microbiano em condições de temperatura ambiente (GAVA, 2008).

Abud & Narain (2009) em estudo com farinha de resíduos de frutos observaram teor de água e cinzas de 8,65 e 2,32 (goiaba), 7,02 e 2,13 (acerola), 8,88 e 2,50 (umbu); e 8,85 e 4,41 (maracujá), todos os valores apresentaram teores de água abaixo dos verificados neste estudo.

Farinhas com baixo teor de água possuem boa estabilidade física e química, desde que sejam estocadas adequadamente em embalagens hermeticamente fechadas (FERTONANI, 2006), sem nenhum risco de haver desenvolvimento de fungos e produção de micotoxinas por longo tempo.

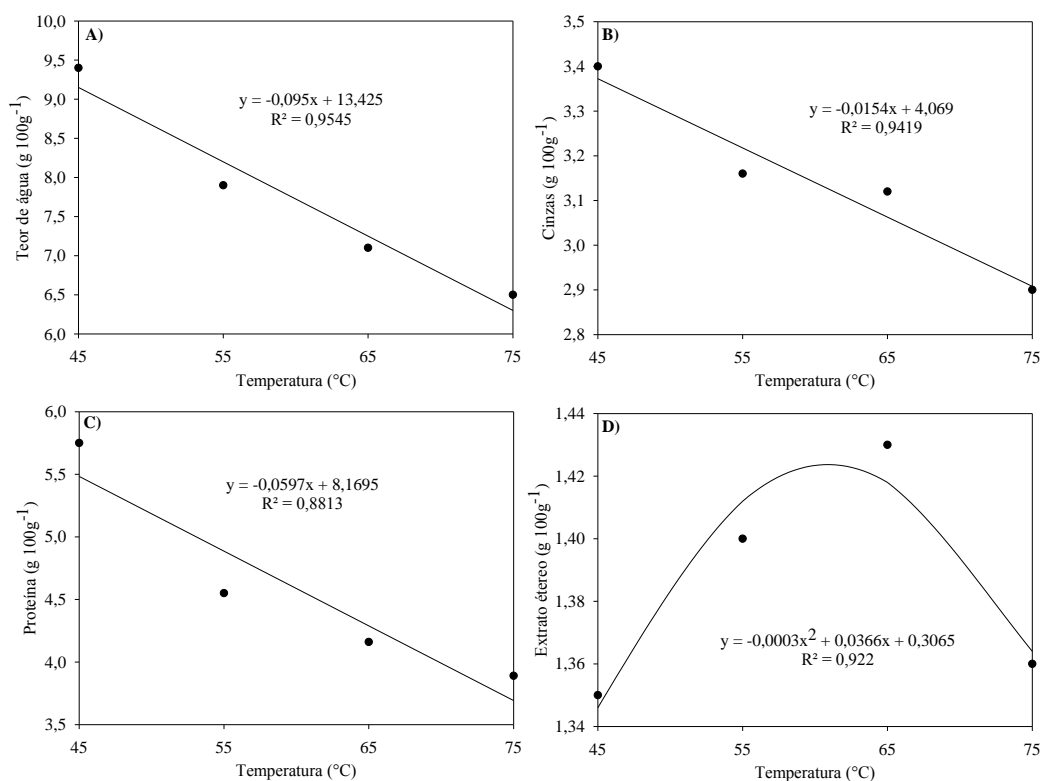
Houve redução com aumento da temperatura para proteína e cinzas respectivamente (Figura 1B e 1C). Segundo OLIVEIRA et al. (2009) foram encontrados valores de cinzas menores que o avaliado neste trabalho (2,67%), indicando que a FCG apresentou elevado teor de elementos minerais (cinzas), e dentro dos padrões que a legislação brasileira estabelece o limite de 6,0% para o teor de cinzas totais farinhas vegetais (BRASIL, 2005).

Em relação aos teores de proteínas, houve diferença entre as temperaturas sendo a farinha seca na temperatura de 40 °C a que apresentou maior teor proteico e menor teor para 75°C havendo possivelmente desnaturação das proteínas nas temperaturas mais elevadas. Fernandes et al. (2008) encontrou valor de 5,56 para farinha da casca de batata para temperatura de 55°C.

Entretanto, esses subprodutos apresentaram intermediário teor proteico, pois são considerados como valor proteico elevado um conteúdo mínimo de 6g de proteína em uma porção do produto. Resultado esperado, já que frutos não fornecem grandes quantidades de proteínas, segundo RDC nº 54 da ANVISA (BRASIL, 2012).

Quanto aos teores de extrato etéreo atingiu seu ponto máximo em 61 °C com 1,42 g/100 g<sup>-1</sup>, (Figura 1D) valores próximos de extrato etéreo corroboram com o encontrado por Fernandes et al. (2008) de 1,61 para farinha da casca de batata. Os lipídios nos alimentos representam uma fração de alta concentração energética ou calórica, porém, dependendo da quantidade e composição, podem provocar deterioração do alimento durante a estocagem, produzindo odor e gosto de ranço (SGARBIERI, 1987).





**FIGURA 1-** Teor de água (1A), cinzas (1B), proteína (1C), extrato étereo (1D) em função das temperaturas de secagem de casca de goiaba.

A luminosidade ( $L^*$ ) das farinhas foi influenciada pelas temperaturas, (Figura 2A), mostrando que com aumento da temperatura, tendeu mais ao escurecimento (menor  $L^*$ ) já para cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$  (Figura 2B e 2C), mostrando que para cromaticidade  $a^*$  tendeu mais ao vermelho (maior  $a^*$ ) e para cromaticidade  $b$  tendeu ao amarelo (menor  $b^*$ ).

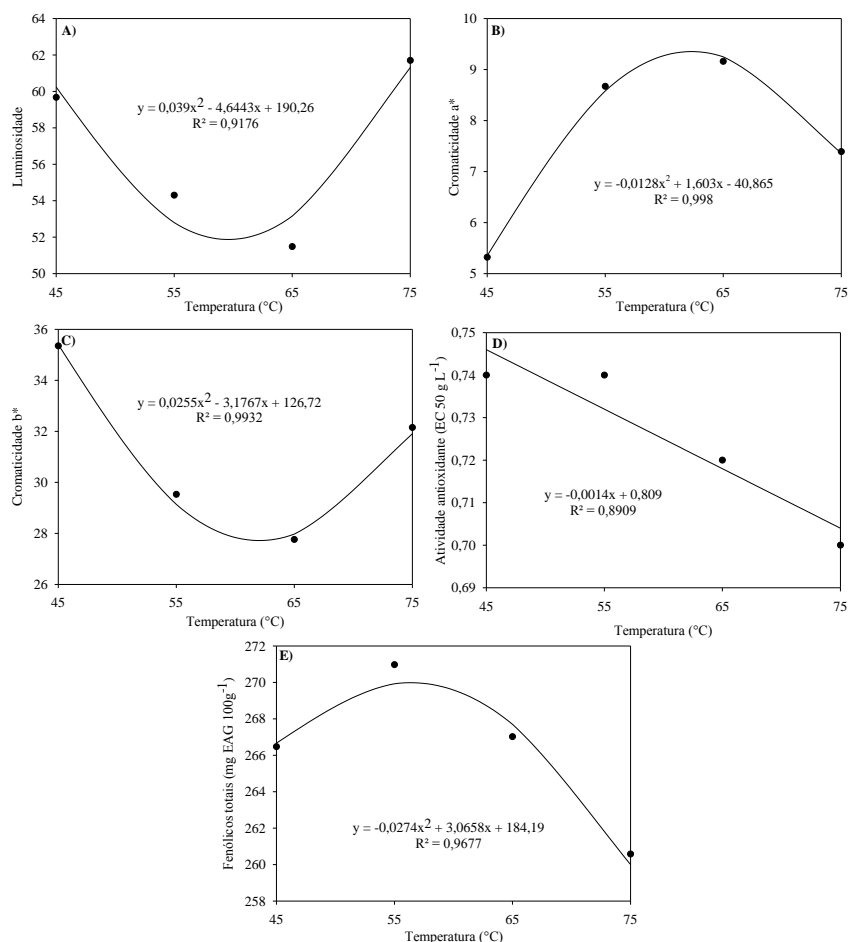
Foi verificada maior variação da cor original da casca com o aumento da temperatura de secagem. Ferreira & Pena (2010) atribuem o escurecimento ao tempo da secagem combinado com a temperatura e presença de açúcares e proteínas, favorecendo a ocorrência da reação de Maillard.

Para a capacidade antioxidante foi observado redução da atividade para todos os tratamentos com aumento da temperatura (Figura 2D). Pois quanto menor o valor do EC50, maior a atividade antioxidante, ou seja, menos extrato será necessário para reduzir o radical em 50% (SOUSA, 2009). A FCG apresentou elevada capacidade antioxidante. Valores semelhantes foram encontrados por FREIRE et al. (2012) para três cultivares de goiaba, século XXI, Paluma e Pedro Santo (EC50= 0,369; 0,374 e 0,438) respectivamente.

Garau et al. (2007) verificaram que tratamentos térmicos com temperaturas de 40 a 70°C, não favoreceram a diminuição da capacidade antioxidante de subprodutos de laranja, e que, no intuito de preservar a qualidade antioxidante do material vegetal, a temperatura de secagem deve ser controlada, uma vez que compostos bioativos podem ser degradados ou modificados, se expostos a longos períodos e/ou elevadas temperaturas de secagem.

Segundo Bergamaschi (2010) resíduos gerados pela indústria alimentícia e no uso doméstico, como pele, cascas e fibras de frutos e vegetais são importantes fontes de compostos fenólicos antioxidantes.

Para o teor de fenólicos na temperatura de 56 °C 271,22 mg EAG100 g<sup>-1</sup>. Freire et al. (2012) observou em resíduo de goiaba, teor de compostos fenólicos de EC= 150,47 mg 100g<sup>-1</sup>. RAMFUL et al. (2010) encontraram valores altos de e 1882±65 a 7667±57 mg 100g<sup>-1</sup>, respectivamente para casca de bergamota.



**FIGURA 2-** Luminosidade (2A), cromaticidade a\* (2B), cromaticidade b\* (2C), atividade antioxidante (2D) e fenólicos totais (2E) em função das temperaturas de secagem de casca de goiaba.

Em geral, o teor de polifenóis para subprodutos mostra-se superior ao encontrado na porção comestível ou polpa dos frutos (TEHRANIFAR et al., 2011), possivelmente porque os polifenóis são metabólitos secundários dos vegetais, os quais estão geralmente envolvidos na defesa contra a radiação ultravioleta ou a agressão por agentes patogênicos.

Os perfis de macro e microminerais das farinhas de casca de goiaba e os respectivos teores estão descritos na (Tabela 1). Os macrominerais detectados em maior quantidade foi o potássio com 14,70 g/100 g para temperatura de 55°C e menor para 75°C. Este mineral é descrito pelo efeito anti-hipertensivo por induzir perda de água e sódio pelo corpo, aumentando a secreção de prostaglandina e reduzindo a resistência vascular (TOMAZONI & SIVIERO, 2009).

**Tabela1** - Valores médios dos minerais (mg/100g) fósforo (P), potássio (K), Calcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (SSOH), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn) da farinha da casca de goiaba submetidas à secagem nas temperaturas de 45°C, 55°C, 65°C e 75°C.

Minerais	Temperatura (°C)				CV(%)	Unidade
	45	55	65	75		
P	0,84	0,84	0,72	0,90	0,99	g/kg
K	12,32	14,70	13,08	8,80	0,70	
Ca	0,34	0,34	0,22	0,88	0,80	
Mg	0,43	0,40	0,35	0,42	1,42	
SSOH	1,34	1,35	1,36	1,25	0,31	
Fe	24,43	24,96	17,23	26,60	0,37	mg/kg
Mn	10,26	7,66	8,13	8,23	0,67	
Cu	2,20	4,40	4,03	5,16	2,07	
Zn	9,10	7,80	7,10	13,00	0,88	

O potássio é descrito pelo efeito anti-hipertensivo por induzir perda de água e sódio pelo corpo, aumentando a secreção de prostaglandina e reduzindo a resistência vascular (TOMAZONI & SIVIERO, 2009).

A baixa concentração de potássio no plasma é conhecida por hipocalemia, no entanto, por ser facilmente encontrado nos alimentos e fazer parte de uma dieta padrão, a ocorrência de deficiência desse mineral em indivíduos saudáveis é baixa (KRAUSE & MAHAN, 2005; MARIA, 2008).

O teor de fósforo foi maior para a temperatura de 75°C (0,90 mg100 g<sup>-1</sup>) e menor para 65°C (0,72mg100 g<sup>-1</sup>), cálcio foi maior para 75°C (0,88 mg100 g<sup>-1</sup>) menor para

65°C (0,22 mg100 g<sup>-1</sup>), magnésio maior para 45° e 75°C (0,43 e 0,42 mg100 g<sup>-1</sup>) e menor para 65°C (0,35 mg100 g<sup>-1</sup>) e enxofre maior para 65°C (1,36 mg100 g<sup>-1</sup>) e menor para 75°C (1,25 mg100 g<sup>-1</sup>).

Ascheri et al. (2006) pesquisando a composição da farinha de bagaço de jabuticaba e da farinha de arroz polido, obtiveram teores menores 77,48 mg 100 g<sup>-1</sup>(fósforo), 3,36 e 0,81 mg 100 g<sup>-1</sup>(cálcio), 54,62 mg 100 g<sup>-1</sup>(magnésio). Fernandes (2006), ao trabalharem com farinha de casca de batata registrou valor de 80 mg100 g<sup>-1</sup> de enxofre.

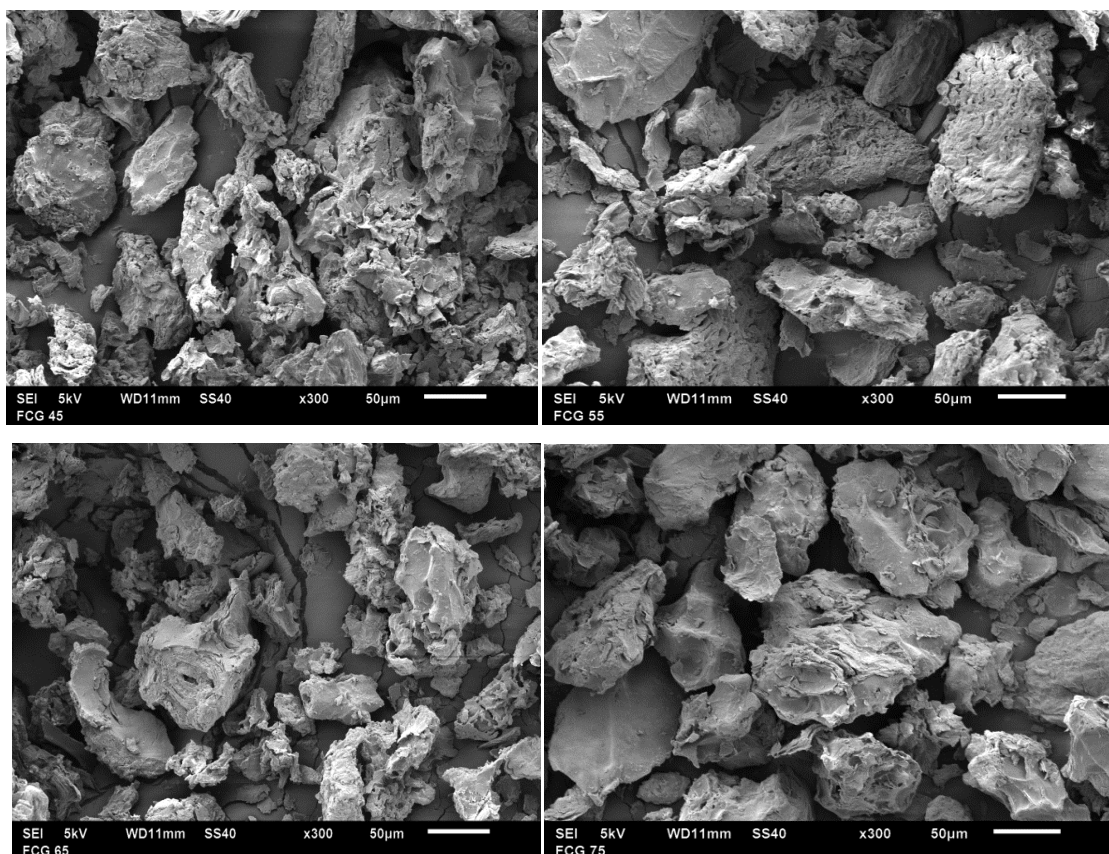
A presença do fósforo no alimento é de fundamental importância visto que este mineral integra a estrutura dos ossos e dentes, atua na contração muscular e participa ativamente do metabolismo de carboidratos (SILVA et al.,2013). O cálcio dietético é fundamental para a saúde óssea, tanto o teor quanto a biodisponibilidade do elemento nos alimentos devem ser considerados, as maiores fontes e com melhor absorção (BUZINARO et al., 2006).

Os microminerais detectados em maior quantidade foram ferro e zinco na temperatura de 75°C seguido de manganês a 65°C.

A ingestão diária recomendada (IDR) de ferro é de 14 mg (Ministério da Saúde, 1998; OMS, 2004), desta forma, menos de 100g das farinhas estudadas suprem esta necessidade. Borges et al. (2009) em estudo com farinha da banana verde observou teores de 17,80 mg100 g<sup>-1</sup> (ferro), 4,60 mg100 g<sup>-1</sup>(manganês) e 5,50 mg100 g<sup>-1</sup> (cobre).

Os valores de minerais podem variar porque os compostos orgânicos provêm do solo e podem variar bastante pelas diferenças e variedades e de onde são retiradas as cascas, assim como os tratamentos culturais, clima, local de plantio, maturação e armazenamento (FERNANDES et al.,2008).

Pode-se observar a distribuição de tamanho de partículas da FCG, que em todos os Tratamentos manteve distribuição heterogênea, os componentes apresentaram-se aglomerados, porém íntegros com aspecto granular da farinha, além da presença de partículas fibrosas em forma de haste (Figura 3).



**FIGURA 3** -Eletromicrografias de varredura, em aproximações de 300x da farinha da casca de goiaba submetida à secagem nas temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C.

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada como ferramenta para caracterização da morfologia e estudo da superfície de materiais poliméricos (DEDAVIS et al., 2007).

Segundo Costa (2004) estruturas alongadas e com espessura fina nas micrografias estão relacionadas a fibras alimentares, constituintes da parede celular do vegetal. Não foi possível observar grânulos de amido íntegros, provavelmente a temperatura de secagem alterou o formato esférico do mesmo dificultando a visualização nas imagens.

## CONCLUSÃO

Houve redução no teor de água das farinhas de casca de goiaba com aumento da temperatura, as mesmas apresentaram teor proteico esperado para farinhas vegetais e um baixo teor de lipídeos. O aumento das temperaturas resultou na desnaturação das proteínas e redução dos lipídeos.

A FCG se destacou pela atividade antioxidante, teor de fenólicos totais, sendo promissores os estudos deste resíduo, com o objetivo de formular alimentos com

características funcionais.

A secagem a 45°C foi o que mais se destacou para a manutenção da composição nutricional e funcional da farinha.

Quanto ao conteúdo de minerais, a farinha da casca de goiaba é uma rica fonte de potássio, ferro, cobre e zinco, quando comparada aos demais tipos de farinhas existentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, out./dez. 2009.
- ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Características da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. 16. ed. Washington, DC. v. 2, p 1094. 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS Official Methods of Analysis of AOAC International. 17<sup>th</sup>. v. II., 2000.
- ARAÚJO, J. S. F.; COSTA, J. S.; SILVA, G. M. S.; CAVALCANTI, M. T. Avaliação sensorial de batata doce roxa “chips” e palito. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.4, n.1, p. 1-5, 2014.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência Tecnologia de Alimentos. Campinas**, 29(2): 333-339, abr.-jun. 2009.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; SILVA JÚNIOR, A.; LUCENA, E. M. P.; SALES, J. C. Estabilidade da pré-mistura estabilidade da pré-mistura de bolo... de bolo elaborada com 173 60% de farinha de banana verde. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.1, p.173-181, , 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº16, de 23 de agosto de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 ago. 2005, seção 1, p. 7.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº16, de 23 de agosto de 2012.
- BUZINARO, E.F.; ALMEIDA, R.N.A. DE; MAZETO, G.M.F.S. Biodisponibilidade do cálcio dietético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v.50, n.5, oct., 2006.
- COSTA, L. A. Caracterização do resíduo da fabricação de farinha de mandioca e seu aproveitamento no desenvolvimento de alimento em barra. 2004. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: **EDIPUCRS**, 2007.
- FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência Tecnologia de Alimentos. Campinas**, 28(Supl.): 56-65, dez. 2008.
- FERNANDES, A. F. Utilização da farinha de casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.)

- na elaboração de pão integral. 2006. 127 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- FERTONANI, H. C. R. et al. Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 599-612, 2006.
- FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.
- FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SIMÃO, A. A.; SANTOS, C. M. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal - SP**, v. 34, n. 3, p. 847-852, Setembro 2012.
- GARAU, M. C.; SIMAL, S.; ROSSELLO, C.; FEMENIA, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **FoodChemistry**, v. 104, n. 3, p. 1014-1024, 2007.
- GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. Tecnologia de Alimentos: Princípios e aplicações. Edit. Nobel, São Paulo – SP, 2008.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 1ª ed digital, São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. Alimentos, nutrição e dietoterapia. 11ª Edição. São Paulo: Livraria Roca, p.981. 2005.
- MARIA, C.A.B. Bioquímica básica: Introdução a bioquímica dos hormônios, sangue, sistema urinário, processos digestivo e absorptivo e micronutrientes. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2008.
- OLIVEIRA, E.M.S. Caracterização de rendimento das sementes e do albedo do maracujá para aproveitamento industrial e obtenção da farinha da casca e pectina. **Dissertação de Mestrado**. Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ. 2009.
- PALACIN, J. J. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; MONTES, E. J. M. Determinação das curvas de secagem de milho nas espigas (*Zeamays*L.). **Engenharia Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p.300-313, 2005.
- RAMFUL, D. et al. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. **Toxicology**, v.278, n.1, p.75-87, 2010.
- ROSSI JUNIOR, J. A.; SINGLETON, V. L. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. v.16, n.3, p.144-158.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. 2007. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127 – EMBRAPA.
- SGARBIERI, V. C. Alimentação e Nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. São Paulo: editora Almed, 1987. 387 p.
- SILVA, M. R.; ROCHA, C. R.; SILVA, T. M.; SILVA, M. C.; PAES, M. C. D.; VILLELA, N. A.; PINTO, D. Caracterização química e antinutricional de farinhas de hortaliças não-convencionais. **Tecnologia. & Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.7, n.3, p.51-57, set. 2013.
- SOUSA, C.M. de M., SILVA, H.R., VIEIRA JÚNIOR, G.M., AYRES, M.C.C., SOUSA, M.S.B., VIEIRA, L.M., SILVA, M. de J.M da, LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, mai./jun., 2011.

SOUSA, Mariana Séfora Bezerra. Caracterização química e nutricional, e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Monografia** (obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI. Curso de graduação em Tecnologia de alimentos. Teresina, PI, 2009.

TEHRANIFAR, A.; SELAHVARZI, Y.; KHARRAZI, M.; BAKHSH, V. J. High potential of agro-industrial by-products of pomegranate (*Punicagranatum* L.) as the powerful antifungal and antioxidant substances. **Industrial Crops and Products**, v.34, n.3, p.1523-1527, 2011.

THOMAZ, A. M. A. U.; SOUSA, E. C.; LIMA, A.; LIMA, R. M. T.; FREITAS, P. A. P.; SOUZA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. A.; CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*psidiumguajaval.*) em pó. **HOLOS**, Ed. 30, Vol. 5 p.199. (2014)

TOMAZONI, T.; SIVIERO, J. Consumo de potássio de idosos hipertensos participantes do Programa Hiperdia do município de Caxias do Sul, RS. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v.16, n.4, p. 246-250, 2009.



## CONCLUSÃO GERAL

As bebidas lácteas com concentração de 15% de polpa de goiaba e 1% de FCJ apresentaram características sensoriais bem aceitas pelos provadores, e evidenciou que a farinha da casca de jabuticaba favoreceu o aspecto cor. Notou-se que durante o período de armazenamento o pH diminuiu consideravelmente em todos os tratamentos, enquanto a acidez aumentou. Observou-se presença de atividade antioxidante e compostos fenólicos.

A polpa de goiaba e a farinha da casca da jabuticaba apresentaram potencial para ser usada no processamento de bebidas lácteas, com enriquecimento nutricional e funcional.

Houve redução no tempo de secagem com aumento da temperatura. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou para a secagem da casca de goiaba.

O coeficiente de difusão efetivo aumentou com a elevação da temperatura de secagem. A energia de ativação para a obtenção da farinha da casca de goiaba foi de 37,207kJ mol.

A entalpia e entropia diminuíram com o aumento da temperatura. A energia livre de Gibbs foi positiva e aumentou com a elevação da temperatura.

A FCG é viável para a obtenção da farinha, visando o enriquecimento dos alimentos, podendo ser utilizada em panificação, confeitaria, alimento infantil e produtos dietéticos e lácteos.

Além dos benefícios e vantagens para uso na alimentação humana a farinha do resíduo da goiaba pode ser apresentada como possível substituto dos ingredientes proteicos e energéticos na formulação de rações.