

**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 ABACAXI E
FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA**

Autora: Verônica Freitas Pires Araújo

Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Coorientadora: Dr^a. Karen Martins Leão

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
ABACAXI E FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA**

Autora: Verônica Freitas Pires Araújo

Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Coorientadora: Dr^a. Karen Martins Leão

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 ABACAXI E
FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA**

Autora: Verônica Freitas Pires Araújo

Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Coorientadora: Dr^a. Karen Martins Leão

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 – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Animal.

RIO VERDE-GO

Agosto – 2016

DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS COM POLPA DE ABACAXI E FARINHA DA CASCA DE
JABUTICABA

Freitas Pires Araújo, Verônica

F862d

Desenvolvimento de bebidas lácteas com polpa de abacaxi e
farinha da casca de jabuticaba / Verônica Freitas Pires Araújo – Rio
Verde – 2016.
83 f.: il.

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

Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Bibliografia

1. Bebida Láctea. 2. Cinética de Secagem. 3. Modelos Matemáticos. I. Desenvolvimento de Bebida lácteas. II. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

CDD: 637.1


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

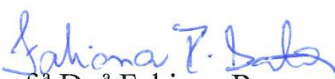
**DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS COM
POLPA DE ABACAXI E FARINHA DA CASCA DE
JABUTICABA**


Autora: Verônica Freitas Pires Araújo
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.ª Dr.ª Fabiana Ramos dos Santos
Avaliadora interna
IF Goiano/RV


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

“Primeiramente a Deus, minha Mãe, ao meu Pai e ao meu Filho, pela compreensão e amor”

Agradeço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo aporte financeiro através do Edital de Apoio a Projetos de Pesquisa/Chamada CNPq-SETEC/MEC nº. 17/2014 - Linha 1: PD&I.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Osvaldo Resende, pela oportunidade de realização das análises no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais.

Ao Laboratório de Qualidade do Leite do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, pela parceria na realização das análises de qualidade do leite.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio financeiro a realização da pesquisa.

Aos Professores membros externos e internos, Rodrigo Balduino Soares, Fabiana Ramos dos Santos, Marco Antônio Pereira da Silva, Geovana Rocha Plácido e Karen Martins Leão.

Aos Amigos e Colegas que de alguma forma contribuíram para a produção deste trabalho científico, Daniel Emanuel, Weder Nunes, Caroline Cagnin, Richard Marins, Bheatriz Freitas e Gábata Nathalia.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Verônica Freitas Pires Araújo, nascida em 26 de março de 1991 no município de Goiatuba - GO, filha de Francisco Cesar de Araújo e Maísa Pires. Em 2008 concluiu o ensino médio no Colégio Antares - Ulbra no município de Goiatuba - GO. Em 2009 matriculou-se no curso de Engenharia de Alimentos no Instituto Federal Goiano e em 2014 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia também no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, na área de concentração Produção Animal.

RESUMO

Produtos lácteos podem ser inovadores quando são adicionados novos ingredientes na composição. A utilização de farinha de casca de frutos como forma de reduzir os resíduos industriais é uma alternativa interessante para os produtos à base de leite e para estudos sobre reaproveitamento. Diante disso, objetivou-se o aproveitamento de resíduos produzidos na industrialização de frutos, avaliando as características físico-químicas e nutricionais da farinha da casca de jabuticaba, e a incorporação da mesma em bebidas lácteas juntamente com polpa de abacaxi. Posteriormente, foi avaliada a farinha da casca do abacaxi e determinados os modelos matemáticos de secagem para a casca. A farinha da casca da jabuticaba demonstrou propriedades nutricionais relevantes, como a presença de compostos bioativos confirmando o potencial para uso no desenvolvimento de novos produtos. Ao adicioná-la na bebida láctea, juntamente com a polpa do abacaxi, houve aceitação do produto, aumento nas propriedades nutricionais, tais como elevação do teor de potássio e manganês. No entanto, a bebida láctea apresentou oscilação de textura, pH e acidez durante o armazenamento, alterando a qualidade. A farinha da casca do abacaxi demonstrou forte potencial antioxidante e elevada presença de nutrientes, com destaque para o potássio. A cinética de secagem e isotermas de sorção da farinha da casca do abacaxi se ajustaram adequadamente aos modelos de GAB e modelo Sigma Copace, demonstrando que quanto maior o teor de umidade maior foi o aumento da atividade de água a temperatura constante.

Palavras-Chave: Antioxidante, Farinha, Nutrientes, Textura.

ABSTRACT

Dairy products can be innovative when added new ingredients in its composition. The use of fruit peel flour, as a way to reduce industrial waste, is an interesting alternative to milk products and reuse studies. Thus, this work aimed to the recovery the waste produced in the processing of fruits, assessing the physical, chemical and nutritional characteristics of jabuticaba flour, and the incorporation thereof in milk drinks with pineapple pulp. Then, pineapple peel flour was evaluated and determined the mathematical models of drying. The jabuticaba peel flour showed significant nutritional properties, such as the presence of bioactive compounds confirming its potential use to develop new products. By adding it in the milk drink, along with the pulp pineapple, there was acceptance of the product and increased nutritional properties such increased potassium and manganese content. However, milk beverage had texture oscillation, pH, and acidity during storage, altering its quality. The pineapple peel flour through the physical and chemical composition showed strong antioxidant potential and high presence of nutrients, especially potassium. The drying kinetics and sorption isotherms of pineapple peel flour is properly fitted to GAB and Sigma CECAF models, showing that the higher of moisture content higher was the increased water activity at constant temperature.

Key Words: Antioxidant, flour, nutrients, texture.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valor médio e desvio padrão dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), pH, acidez total titulável (g/100g), compostos fenólicos (g EAG/100g), sequestro de radical livre (%), antocianinas (mg/100g), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%), açúcares totais (%), ISA, ISL, ISI, IAA, IAL e IAI (g de gel/g de matéria seca) da farinha da casca da jabuticaba.....	29
TABELA 2 - Valores descritivos de nitrogênio (N) (g/kg), fósforo (P) (g/kg), potássio (K) (g/kg), cálcio (Ca) (g/kg), magnésio (Mg) (g/kg), sulfato (S-SO ₄) (g/kg), ferro (Fe) (mg/kg), manganês (Mn) (mg/kg), cobre (Cu) (mg/kg), zinco (Zn) (mg/kg), borro (B) (mg/kg), proteína (g/100g) e valor calórico (cal/g) da farinha da casca da jabuticaba.....	30
TABELA 3 - Valores descritivos de nitrogênio (N) (g/kg), fósforo (P) (g/kg), potássio (K) (g/kg), cálcio (Ca) (g/kg), magnésio (Mg) (g/kg), sulfato (S-SO ₄) (g/kg), ferro (Fe) (mg/kg), manganês (Mn) (mg/kg), cobre (Cu) (mg/kg), zinco (Zn) (mg/kg), borro (B) (mg/kg), proteína (g/100g) e valor calórico (cal/g) das bebidas lácteas controle e adicionadas de polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba.....	40
TABELA 4 - Valores sensoriais atribuídos as características (cor, aroma, sabor e textura) em diferentes formulações: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....	42
TABELA 5 - Composição centesimal das bebidas lácteas em diferentes formulações: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....	43
TABELA 6 - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de frutos.....	56
TABELA 7 - Coeficientes de determinação (R^2 , %), erro médio relativo (P, %) e desvio padrão da estimativa (SE) para os modelos analisados, durante a secagem das cascas de abacaxi nas diversas condições de temperatura (°C).....	63
TABELA 8 - Valores de entalpia (H, J mol ⁻¹), entropia (S, J mol ⁻¹ K ⁻¹) e energia livre de Gibbs (G, J mol ⁻¹) para diferentes condições de ar de secagem das cascas de abacaxi.....	65

TABELA 9 - Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s.) para as cascas de abacaxi obtidos pelo processo de dessorção, em função da temperatura (°C) e da atividade de água (decimal).....	66
TABELA 10 - Parâmetros dos modelos de equilíbrio higroscópico para casca do abacaxi com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2 , %), erros médios relativo (P, %) e estimado (SE, decimal), <i>Qui</i> -quadrado (χ^2 , decimal) e coeficientes dos modelos ajustados (a, b e c).....	68
TABELA 11 - Valores descritivos de nitrogênio (N) (g/kg), fósforo (P) (g/kg), potássio (K) (g/kg), cálcio (Ca) (g/kg), magnésio (Mg) (g/kg), sulfato (S-SO ₄) (g/kg), ferro (Fe) (mg/kg), manganês (Mn) (mg/kg), cobre (Cu) (mg/kg), zinco (Zn) (mg/kg), boro (B) (mg/kg), proteína (g/100g) e valor calórico (cal/g) da farinha da casca do abacaxi secas a temperatura de 55, 65 e 75°C.....	70
TABELA 12 - Valor médio dos parâmetros instrumentais de umidade (%), cinzas (%), compostos fenólicos (g EAG/100g), sequestro de radical livre (%), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%), açúcares totais (%), cor (L*, a* e b*), ISA, ISL, ISI, IAA, IAL e IAI (g de gel/g de matéria seca) da farinha da casca do abacaxi em três temperaturas 55, 65 e 75°C.....	71

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca da jabuticaba.....31
- FIGURA 2** - Viabilidade de bactérias lácticas, bolores e leveduras em formulações. Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ. Durante 29 dias de estocagem sob refrigeração.....41
- FIGURA 3** - Valores de pH em tempos de armazenamento para bebidas lácteas: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....45
- FIGURA 4** - Valores de acidez em tempos de armazenamento para bebidas lácteas: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....46
- FIGURA 5** - Valores de viscosidade em tempos de armazenamento para bebidas lácteas: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....47
- FIGURA 6** - Parâmetros de cor L, a* e b* em diferentes formulações: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ. Em diferentes tempos de estocagem.....48
- FIGURA 7** - Microscopia eletrônica de varredura de bebidas lácteas em diferentes formulações: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.....49
- FIGURA 8** - Gráfico de curvas de transmitância de bebidas lacteas em diferentes formulações: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ;

Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ. (EM ANEXO).....	62
FIGURA 9 - Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo Page para a secagem das cascas de abacaxi nas diversas condições de temperatura..	64
FIGURA 10 - Coeficiente de difusão efetivo (A) e a representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo (B) obtido para a secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 55, 65 e 75°C.....	10
FIGURA 11 - Isotermas de dessorção de água para casca de abacaxi, estimadas pelo modelo de Sigma Copace, para diferentes condições de temperatura e atividades de água.....	74
FIGURA 12 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 75°C.....	74
FIGURA 13 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 65°C.....	74
FIGURA 14 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 55°C.....	75

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Resíduos Alimentares de Frutos	17
3.2. Jaboticaba	18
3.3. Abacaxi	19
3.4. Bebidas Lácteas Funcionais	19
4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	20
5. CAPÍTULO I.....	23
5.1 Introdução	24
5.2 Materiais e Métodos	24
5.3 Resultados e Discussão	28
5.4 Conclusão	31
5.5 Referência Bibliográfica	32
6. CAPÍTULO II	35
6.1 Introdução	36
6.2 Materiais e Métodos	37
6.3 Resultados e Discussão	40
6.4 Conclusão	49
6.5 Referência Bibliográfica	49
7. CAPÍTULO III.....	53
7.1 Introdução	54
7.2 Materiais e Métodos	55
7.3 Resultados e Discussão	61
7.4 Conclusão	74
7.5 Referência Bibliográfica	75
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a produção de bebida láctea com aproveitamento do soro de leite associada à mistura de frutos e/ou hortaliças se destaca dentro da obtenção de derivados por ter baixo custo e possibilitar alto benefício ao produto gerado constituído de fibras, vitaminas e sais minerais (PINTADO et al., 2001). Assim, a procura do consumidor por produtos classificados como mais saudáveis, seguros, inovadores e que estejam dentro das merendas institucionais, creches e hospitais contribui diretamente para a alta produção das bebidas lácteas.

A adição de frutos tem melhorado as características de sabor e aroma das bebidas lácteas, visto que a incorporação de diferentes proporções dos produtos agregados resulta no aumento da aceitabilidade do consumidor (SILVA et al., 2010). Segundo Routray & Mishra (2011) um dos principais interesses no uso de frutos para essa melhoria da aceitação das bebidas lácteas está relacionada com estratégias de marketing e venda.

O Brasil apesar de ser um dos maiores exportadores mundiais de produtos agrícolas, a maior parte da população não têm acesso a alimentos com qualidade e nem em quantidade suficiente (GONDIM et al., 2005). O desperdício dos alimentos ocorre desde o plantio até o consumo final estimando perda de 20% no plantio e colheita, 15% no processamento e 17% no destino final, ou seja consumidor (VELLOSO, 2002). Em sua maioria, as indústrias brasileiras costumam produzir alimentos que poderiam ter finalidade benéfica ao ser humano e ao meio ambiente, reaproveitando as partes descartadas dos inúmeros frutos comestíveis processados.

A maior parte da matéria-prima dentro do setor alimentício é descartada durante o processamento, esse material de descarte pode ser chamado de resíduo, que em sua maioria são as partes mais nutritivas do produto, porém, não são habitualmente consumidas (EVANGELISTA, 2008). Os principais resíduos são cascas, caroços, sementes e bagaços que possuem na composição compostos funcionais importantes para o organismo humano, principalmente, na prevenção de doenças (MATIAS et al., 2005).

O Brasil é um dos grandes produtores de abacaxi (*Ananas comosus* (L) Merrill) no mundo, sua produção está distribuída principalmente nos estados do Norte e Nordeste, em que se cultiva o tipo Pérola, sendo comercializados no mercado interno em forma de fruto *in natura*, possui acidez menos pronunciada por ser colhida em regiões quentes durante todo o ano, e tem melhor aceitação pelo consumidor brasileiro (MELETTI, 2011).

O abacaxi possui em sua composição teores apreciáveis de vitaminas, açúcares e fibra alimentar, que podem ser utilizados na alimentação humana, sendo que a casca possui maiores

teores de fibra alimentar do que o cilindro central e ainda, os dois tipos de resíduos podem ser considerados como boa fonte de fibra alimentar (BOTELHO et al., 2002). Os principais resíduos são a coroa, casca, extremidades e cilindro central. As cascas e o cilindro central do abacaxi Pérola correspondem a 38% do peso do fruto (SARZI et al., 2002).

Considerando o aproveitamento de resíduos produzidos na industrialização de frutos, objetivou-se com esse trabalho avaliar os modelos matemáticos de secagem para a produção da farinha da casca de abacaxi, assim como determinar as características físico-químicas e nutricionais da farinha da casca de jabuticaba, e a incorporação da mesma em bebidas lácteas juntamente com polpa de abacaxi.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO A.; CARVALHO, V. D. Caracterização e fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi Smooth Cayenne. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.2, p.362-367, 2002.

EVANGELISTA, J. Tecnologia em alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F.; DANTAS, A. S.; MEDIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M. A. Use of fibres obtained from the cashew (*Anacardium occidentale*, L) and guava (*Psidium guayava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 143-150, 2005.

MELETTI, M, L.; SAMPAIO, C, A.; RUGGIERO, C. AVANÇOS NA FRUTICULTURA TROPICAL NO BRASIL. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 073-075, Outubro 2011.

MOREIRA, R. W. M.; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; BARGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010.

PINTADO, M. E. Review: technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. **Food Science and Technology International**, v. 7, n. 2, p.105-116, 2001.

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.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 376-380, 2002.

VELLOSO, R. Comida é que não falta. **Revista Superinteressante**, v. 15, n. 1, p. 47-51, 2002.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Resíduos Alimentares de Frutos

Estudos relatam o aproveitamento das partes de vegetais, legumes e frutos não consumidos, e descartados pela agroindústria, que podem ser utilizados para a produção de alimentos ou ingredientes na alimentação humana (OLIVEIRA et al., 2002). O mesmo autor ainda afirma que no momento em que houver conscientização em educação alimentar focada nos resíduos de vegetais e frutos que são desprezados, mas que também são ricos em sais minerais, vitaminas e fibras, o desperdício de alimentos diminuirá e surgirão maneiras de ser evitada a fome e conseqüentemente diminuirá os resíduos depositados no meio ambiente.

Os resíduos sólidos podem ser definidos como os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semissólido ou semilíquido. Ou ainda, o lixo formado pelo conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas ou gerados pela natureza (folhas, galhos, terra e areia) (BRASIL, 2004).

De acordo com LIBERA (2003), a indústria afeta o meio ambiente seja pelo uso de recursos naturais, produção de resíduos ou liberação de gases, sendo então importante adotar estratégia em relação aos impactos causados nestas áreas, contribuindo para o benefício da sociedade. Buscando a prevenção da poluição, a redução de resíduos, o reúso e a reciclagem de processos e produtos (BRANDLI et al., 2009).

No Brasil o desperdício de alimentos é elevado, chegando a 26 milhões de toneladas ao ano, que poderia alimentar 35 milhões de pessoas, e 60% do lixo urbano produzido é de origem alimentar (STORCK et al., 2013). O país se destaca no ranking mundial como o terceiro maior produtor de frutos, segundo a FAO (2015), os frutos tropicais são utilizados como matéria-prima para a fabricação de produtos alimentícios. Durante esse processo de fabricação são gerados resíduos que quando não aproveitados podem se tornar fonte de poluição (COSTA et al., 2007).

As perdas de produtos agrícolas e hortícolas variam entre 15% até quase 100%. Os frutos que mais sofrem perdas são o abacate (31%), abacaxi (24%), laranja (22%), banana (40%), mamão (30%) e manga (27%) (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Por saber que todas as partes dos frutos, legumes e vegetais são ricas em algum tipo de nutriente (MEDEIROS, 2005), o consumo destes, pode reduzir o risco de doenças

degenerativas, pela presença de elementos antioxidantes, como: os compostos fenólicos e bioativos (HARDISSON et al., 2001).

Uma das estratégias para beneficiar o consumidor, utilizando o aproveitamento integral dos alimentos seria a secagem das partes usualmente não comestíveis para a obtenção de farinhas, tornando-se adequadas para aplicações industriais (DAMIANI et al., 2011). Além de reduzir a umidade do produto e promover maior estabilidade, a secagem de resíduos se caracteriza pelo baixo custo e flexibilidade (SINGH & HELDMAN, 2001; PARK et al., 2007; PRETTE, 2012).

3.2 Jabuticaba

A jabuticabeira é uma árvore frutífera pertencente à família *Myrtaceae*, apresenta copa com forma variada, com folhas em forma de lança, florescem mais de uma vez ao ano apresentando flores brancas e tendo como principal característica o hábito de frutificação nos ramos e troncos, os frutos são globosos e quando maduros apresentam polpa branca coberta por casca fina com coloração arroxeada (DANNER et al., 2010).

O fruto da jabuticabeira vem despertando grande interesse entre os produtores e consumidores pela alta produtividade, rusticidade e aproveitamento dos frutos e apresentar grande potencial econômico (BRUNINI et al., 2004)

Por ser um fruto tropical, de grande valor nutricional, a jabuticaba possui fonte considerável de água, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e sais minerais (ASCHERI et al., 2006).

Em alguns frutos a quantidade de coprodutos pode ser de até 70% do peso total, dependendo da espécie a que pertence. A falta do hábito de consumir o alimento na forma integral e o processamento desconhecido do valor nutritivo dos frutos são responsáveis por desperdícios no processamento (DARIS et al., 2000).

Sabendo que a jabuticaba possui grande valor nutricional e que a maior parte dos compostos fenólicos encontra-se na casca, devem-se buscar alternativas viáveis para a utilização dessa parte, a fim de aumentar a ingestão dos componentes antioxidantes presentes no fruto (ASCHERI et al., 2006; LIMA et al., 2008).

3.3 Abacaxi

O abacaxi é um fruto apreciado em muitos países, não só pelas características peculiares: sabor, odor e aparência, como pelo reconhecimento das notáveis qualidades nutritivas (PIEADADE & CANNIATTI - BRAZACA, 2003).

A produção brasileira de abacaxi está distribuída por todas as regiões e Unidades da Federação. As variedades mais cultivadas são a Pérola e a Smooth Cayenne, com predominância na espécie Pérola (SOUZA & SOUZA, 2000). O Brasil, principalmente o Estado de Minas Gerais, possui o abacaxi como um fruto extremamente cultivado abastecendo o mercado interno e externo (IBGE, 2013).

O abacaxi possui aroma e sabor agradável ao paladar humano, além de possuir quantidades significantes de açúcares e ácidos (CARVALHO & BOTREL, 1996). As transformações bioquímicas que ocorrem no abacaxi durante o amadurecimento e armazenamento a baixas temperaturas são evidentes e influenciam na qualidade final do fruto (ROCHA, 1982).

O fruto é utilizado tanto para o consumo *in natura* como para industrialização, gerando grande variedade de produtos, como fruto em calda, suco, pedaços cristalizados, geléia, licor, vinho, vinagre e aguardente, obtendo ainda, como seus subprodutos, álcool, ácidos: cítrico, málico e ascórbico e rações para animais (NASCENTE et al., 2005).

As cascas, talos, coroas e cilindros do abacaxi, são considerados rejeitos pela indústria de polpa de frutos e se destacam pelos elevados teores de açúcares - particularmente a pectina - fibras e por razoável conteúdo proteico. A porção comestível representa de 22,5% a 35% do fruto; o restante é geralmente descartado após o processamento industrial (ROGÉRIO et al., 2004).

Nestes resíduos, constituídos por casca e talo, são descartados cerca de $\frac{3}{4}$ do fruto que constitui fonte de substâncias nutritivas potencialmente utilizáveis para suplementação em dietas alimentares. Além do caráter nutricional apresentam, ainda, baixo custo de aquisição (MARTIN, 1997).

3.4 Bebidas Lácteas Funcionais

Entende-se por bebida láctea pasteurizada com ou sem adição, o produto lácteo resultante da mistura do leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro

de leite (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea representa pelo menos 51% massa/ massa (m/m) do total de ingredientes do produto, submetido à pasteurização lenta e pasteurização de curta duração (BRASIL, 2005).

O desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento do soro de leite na elaboração de derivados lácteos é de grande importância em função da qualidade nutricional, volume produzido e poder poluente (REIS, 2013). Conforme Mantovani et al. (2015) o valor nutricional do soro do leite contribui para a utilização em bebidas lácteas ou na alimentação animal, no entanto, por ser um produto perecível o armazenamento do produto ao qual for inserido o soro do leite não será prolongado.

Sendo assim a produção de bebida láctea é uma das principais opções de aproveitamento do soro de leite, além disso, é uma opção atrativa para as indústrias em função da simplicidade do processamento e por já existir nas usinas de beneficiamento de leite os equipamentos para processo, gerando então a redução nos custos de fabricação (PINTADO et al., 2001).

Buscando a maior comercialização desse tipo de bebida, as indústrias processadoras optam por agregar valor ao produto dando características funcionais, que contribuem com a nutrição, e substâncias que podem ser consideradas biologicamente ativas, produtoras de benefícios clínicos ou de saúde (KOMATSU, 2008).

4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha do bagaço da jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 867-905, 2006.

BRANDLI, N. E.; PANDOLFO, A.; GUIMARÃES, J.; GONZÁLEZ, M. A. S.; REINEHR, R. A identificação dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 13, p. 45 -51, 2009.

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

COSTA, C. J.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós-alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; RODOVALHO, E. C.; BECKER, F. S.; ASQUIERI, E. R.; OLIVEIRA, R. A.; LAGE, M. E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Brazilian Journal of food and nutrition: alimentação e nutrição**, v. 22, n. 4, p. 657-662, 2011.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. EDIPUCRS: Porto Alegre, 2007. 60p.

MANTOVANI, J. R.; CARRERA, M.; LANDGRAF, P. R. C.; MIRANDA, J. M. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.19, n.4, p.324-329, 2015.

HARDISSON, A.; RUBIO, C.; BAEZ, A.; MARTIN, M.; ALVAREZ, R.; DIAZ, E. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island os Tenerife. **Food Chemistry**, Tenerife/ Spain, v. 73, n. 2, p. 153-161, 2001.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> . Acesso em: 18 jul. 2016.

LIBERA, K. A. D. **Análise da gestão estratégica dos custos de natureza ambiental: estudo de caso em uma empresa do setor cerâmico**. 2003. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) e de suas frações. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, v. 58, n. 4, p. 426-421, 2008.

MEDEIROS, P. V. D. **Reaproveitamento e caracterização dos resíduos orgânicos provenientes do programa mesa da solidariedade da Ceasa/RN**. 2005. Dissertação de mestrado, UFRN, programa de pós-graduação em engenharia química, área de concentração: Engenharia Ambiental e tecnologia de alimentos, Natal-RN, Brasil, 2005.

NASCENTE, A. S.; DA COSTA, R. S. C.; COSTA, J. N. M. **Embrapa Rondônia. Cultivo do abacaxi em Rondônia**. 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/CultivodoAbacaxiRO/>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) para a produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 259-262, 2002.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Conceitos de processo e equipamento de secagem. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>> Acesso em: 18 jul. 2016.

PERAZZINI, H. Secagem de resíduos cítricos em secador rotativo. 2011. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PIEDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no nível de colesterol sanguíneo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 2, p.149-156, 2003.

SILVA, A. A.; BARROS, N. A.; SOUZA, E. S.; BRANCO, N. S. D. C. Análise do consumo alimentar e das técnicas de processamento de alimentos empregados pela comunidade de dois bairros do município de Seropédica - RJ. **Revista da Universidade Rural**, v. 27, n. 1-2, 2005. p. 67-76, 2005.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. Introduction to food engineering. 3 th ed. San Diego: Academic, 2001. 659p.

SOUZA, L. F. S.; SOUZA, J. S. Fruticultura brasileira de abacaxi em abacaxi chegamos lá! Disponível em: < http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/V6N1_socieconabacax.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2016.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSOL, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 537-543, 2013.

5. CAPÍTULO I

APROVEITAMENTO ALIMENTAR DA FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA

RESUMO

A reutilização de resíduos industriais é de suma importância para a indústria de alimentos, atribuindo valor econômico ao que seria inutilizado, como as cascas de frutos. Dessa forma, objetivou-se realizar a secagem da casca da jabuticaba e analisar as características funcionais, físico-químicas e centesimais. A estrutura física da farinha foi estudada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). A composição da farinha da casca de jabuticaba demonstrou características relevantes, pela presença de nutrientes (potássio e zinco) que contribuem para prevenção e manutenção das funções do organismo. A quantidade relevante de antocianinas e compostos com funções antioxidantes na farinha indicou que esta pode ser usada no enriquecimento de produtos alimentícios. Conclui-se que a farinha da casca da jabuticaba é extremamente rica em compostos bioativos podendo ser reaproveitada para utilização em novos produtos alimentícios ou enriquecimento destes.

Palavras-Chave: Antocianinas, Compostos Bioativos, Enriquecimento e Nutrientes.

ABSTRACT

The reuse of industrial waste is high importance to the food industry, assigning economic value to what would be useless, as the fruit peels. Thus, the objective was to carry out the drying of the jabuticaba peel and analyze the functional, physico-chemical and proximate characteristics. The physical structure of the flour was studied by scanning electron microscopy (SEM). The composition of jabuticaba peel flour showed relevant characteristics due to the presence of nutrients (potassium and zinc) which contributes to prevention and maintenance of the bodily functions. The relevant amount of anthocyanins and compounds with antioxidant functions indicated that the flour that can be used to enrich food products. It concludes that the jabuticaba peel flour is extremely rich in bioactive compounds and proximate properties so can be recycled for use in new food products or enrichment of these.

Key Words: Anthocyanins, Bioactive Compounds, Enrichment and Nutrients.

5.1 Introdução

A jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg) pode ser encontrada em diversas regiões, desde o Rio Grande do Sul até o Pará. O fruto possui características nutricionais interessantes: teor de fibras, potássio e magnésio consideráveis, sendo extremamente apreciado por produtores e consumidores. A casca é fina, frágil e de coloração vermelho púrpura. Já a polpa apresenta-se na coloração branca e translúcida, tendo sabor doce e leve acidez, além de aroma apreciável (LIMA et al., 2008).

No Brasil há 50%, aproximadamente, de perdas desse fruto considerando casca e sementes, sendo viável economicamente o reaproveitamento dessas frações. A casca da jabuticaba representa a maior concentração de antocianinas do produto. As antocianinas possuem características farmacológicas que evitam a peroxidação de lipídeos, agregação de plaquetas, redução de teores de colesterol e triacilglicerídeos e atuam como antioxidantes naturais no organismo. Além disso, as antocianinas podem ser usadas como corantes naturais em produtos alimentícios (OLIVEIRA et al., 2003; BATISTA et al., 2013).

O reaproveitamento da casca da jabuticaba para a elaboração de produto que possa ser utilizado na alimentação humana é de suma importância, considerando quedas em resíduos industriais e atribuição econômica ao fruto. Diante disso, para a produção de farinha o processo de secagem é uma alternativa por causa do aumento da vida de prateleira e preservação de características nutricionais, além da farinha, ser empregada como aditivo em diversos produtos, aumentando a concentração de compostos bioativos e nutricionais do mesmo (FELLOWS, 2006).

Diante do exposto, objetivou-se realizar a secagem da casca da jabuticaba e analisar as características funcionais e físico-químicas.

5.2 Material e Métodos

Os frutos de jabuticaba foram obtidos de uma propriedade rural do município de Rio Verde, GO, encaminhados ao Laboratório de Frutas e Hortaliças da Unidade de Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, GO, para processamento.

Os frutos de jabuticaba foram sanitizados em solução de cloro à concentração de 100 ppm/10 minutos. As cascas da jabuticaba, retiradas com auxílio de faca, foram submetidas ao processo de secagem realizado em estufa de secagem com circulação de ar.

A farinha de casca de Jabuticaba foi seca em temperatura de 65°C até peso constante. Após a secagem, a farinha da casca da jabuticaba foi obtida mediante três moagens e acondicionada em temperatura ambiente em embalagem de polietileno de baixa densidade, colocadas dentro de dessecadores para análises posteriores.

A composição centesimal da casca da jabuticaba foi realizada em triplicata conforme a seguir: teor de proteína bruta pelo método micro-Kjeldahl n° 920.87 da AOAC (2000). Os minerais da casca da jabuticaba foram analisados com espectrômetro de absorção atômica, modelo SpectrAA 110, Varian. Os teores de acidez titulável foram determinados segundo metodologia da AOAC, (2000). O pH foi determinado utilizando um potenciômetro Bel Engineering, modelo W3B, segundo técnica da AOAC n° 981.12 (2000).

Os açúcares redutores (glicose), não redutores (sacarose) e totais foram quantificados conforme metodologia de Maldonado et al. (2008) com adaptações. As amostras da farinha foram diluídas em 20 mL de água destilada e filtradas. O açúcar total resultou no aquecimento de 5 mL das amostras com uma gota de ácido clorídrico diluído a 60°C por 30 minutos em banho-maria. Posteriormente, do filtrado e do sistema aquecido pegou-se a alíquota de 250 µL e adicionou 1,5 mL da solução de DNS. Este sistema foi aquecido a 100 °C por 5 minutos, em banho-maria, sendo resfriado em banho de gelo e adicionado 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm. Os açúcares não redutores foram obtidos pela diferença dos açúcares totais e redutores. A equação de calibração da glicose foi $Y = 0,2817X$, em que Y é absorbância e X é a concentração de glicose e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,997$.

Os parâmetros instrumentais de cor da farinha da jabuticaba foram determinados em colorímetro (ColorQuest II, Hunter Lab Reston, Canadá). Os resultados foram expressos em L*, a* e b*, em que os valores de L* (luminosidade ou brilho) podem variar do preto (0) ao branco (100), os de croma a* do verde (-60) ao vermelho (+60) e os de croma b* do azul (-60) ao amarelo (+60), conforme relatado por Paucar-Menacho et al., (2008).

O índice de absorção em leite (IAL), absorção em água (IAA) e absorção em iogurte (IAI) foi determinado pelo método de Okezie & Bello (1988). Em tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados 0,3 g da farinha e 15 mL de leite. Colocados por 1 minuto cada tubo em agitador vortex, os tubos foram centrifugados por 10 min. a 3.000 G em centrífuga (Sigma, 3-18K, Newport Pagnell, Inglaterra). O sobrenadante foi retirado com auxílio de uma pipeta volumétrica de 10 mL, permanecendo apenas o precipitado formado no tubo.

O índice de solubilidade em leite, água e iogurte (ISL, ISA e ISI) também foi determinado pelo método de Okezie & Bello (1988) com algumas modificações na secagem do sobrenadante, em que o sobrenadante obtido na análise do IAL foi colocado em placas de petri e secos em estufa a 105 °C durante 6 horas. Utilizou-se um controle, em triplicata, para obter a quantidade de sólidos do leite e subtraí-la nos cálculos do resíduo de evaporação para determinação do ISL. Os valores do IAL, ISL e ISI foram determinados pelas Equações 1, 2 e 3 respectivamente e os resultados expressos em porcentagem e g de gel /g de matéria seca.

$$\text{Equação 1: IAL} = \text{Mrg/Ma (bs)} - (\text{Mre} \cdot 3);$$

$$\text{Equação 2: ISL} = (\text{Mrg} - \text{Mrc}) \cdot 3 / \text{Ma (bs)} \times 100;$$

$$\text{Equação 3: ISI} = (\text{Mrg} - \text{Mrc}) \cdot 3 / \text{Ma (bs)} \times 100.$$

Em que: Mre = massa do resíduo de evaporação da amostra (g); Mrc = massa do resíduo de evaporação do controle (g); Ma = massa da amostra (g), base seca e Mrg = massa do resíduo de centrifugação (g)

A determinação do teor de fenóis totais presentes nas amostras de extrato etanólico da farinha da casca da jabuticaba foi realizada por meio de espectrofotometria na região visível utilizando o método de Folin-Ciocalteu com modificações. A amostra (1g) foi dissolvida em etanol, até completar o volume em balão de 100 mL. Uma alíquota de 10 mL da solução foi diluída com etanol para 50 mL (diluição de 5 vezes). Uma alíquota de 7,5 mL desta solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL e completado o volume com etanol. Uma alíquota de 100 µL desta solução foi agitada com 500 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 7,4 mL de água destilada por 1 minuto; passado este tempo, 2 mL de carbonato de sódio (Na₂CO₃) a 15% foram adicionados à mistura e agitados por 30 segundos, completando 10 mL de solução. A solução ficou em repouso por 2 horas até a leitura, em triplicata que foi realizada em absorbância a 750 nm utilizando cubetas de vidro, tendo como branco o etanol e todos os reagentes, menos a amostra. O teor de fenóis totais (FT) foi determinado pela curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (10 a 350 µg/mL) e expressos como mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por g de amostra. A equação de calibração do ácido gálico foi $Y = 1,718X - 0,037$, em que Y é absorbância a 750 nm e X é a concentração do ácido gálico e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,996$.

A avaliação da atividade antioxidante da farinha da casca da jabuticaba foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH segundo metodologia descrita por Sánchez-Moreno et al. (1998) com adaptações. As análises foram medidas em espectrofotômetro no comprimento de onda 515 nm em triplicata de cada diluição.

Para determinar a curva de calibração do DPPH, uma alíquota de DPPH em diferentes concentrações (10, 20, 30, 40, 50 e 60 μM) foi transferida para uma cubeta de vidro e realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 515 nm. Utilizou-se o metanol como branco para calibração do aparelho. Para calcular a equação da reta, plotou-se as concentrações de DPPH (μM) no eixo X e as respectivas concentrações no eixo Y. Converteu-se de μM para g de DPPH através da transformação: $\text{g DPPH} = (\mu\text{M DPPH} / 1000000) * 394,3$ (peso molecular DPPH). A equação da curva de calibração foi $Y = 0,022X + 0,030$ e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,999$.

A partir do extrato bruto, que foi previamente diluído em metanol em três concentrações (25%, 50% e 100% v/v), uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição foi transferida para tubo de ensaio com 3,9 mL do reagente DPPH. As leituras foram realizadas após meia hora para estabilização da amostra sendo o equipamento previamente calibrado com metanol.

A partir da equação da curva de calibração e dos valores de absorbância no tempo de 30 min. para cada concentração testada, foram determinadas as concentrações que foram expressas em EC50 em g fruta/g DPPH pela equação: $\text{g fruta/g DPPH} = (\text{EC50 (mg/L)} / 1000 * 1) / \text{g DPPH}$.

A análise de antocianinas foi realizada de acordo com Teixeira et al., (2008). As amostras foram trituradas, pesadas e adicionadas de 80 mL de álcool etílico P.A. A calibração do pH 2,0 foi realizada com auxílio de solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 M. A solução foi deixada em repouso, sobre abrigo da luz, por 24 horas a 5°C. O material foi filtrado e colocado em balão de 100 mL sendo completado com álcool etílico P.A. Posteriormente, o teor de antocianinas foi quantificado por espectrofotômetro no comprimento de onda 535 nm.

Para análise estrutural da farinha da casca foi realizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV) as amostras foram colocadas sobre stabs, recobertas com fina camada de ouro e micrografadas. A avaliação foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás. Foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura, Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

A análise estatística foi realizada através do *Software* ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2009), com três repetições de análises.

5.3 Resultados e Discussão

A farinha da casca da jabuticaba indicou baixo valor para o parâmetro L, o que resultou em amostras mais escuras (Tabela 1). NUNES ET AL. (2014) e CIPRIANO (2011) apresentaram luminosidade menor para a polpa e casca da jabuticaba congelada, 21,57 e 27,63, respectivamente. DUZZIONI (2009) relatou que a cor é um atributo fundamental para a escolha e aceitação do produto podendo contribuir na indicação do valor nutricional e qualidade de farinhas.

A coordenada a* apresentou valor positivo (9,65) para as amostras da farinha da casca da jabuticaba indicando tendência para a tonalidade vermelha. Para a coordenada b* a farinha demonstrou tendência à tonalidade amarela (9,99). Devido ao maior valor determinado por b* pode-se afirmar que há predominância de cor amarela nas amostras estudadas.

O valor de pH da farinha da casca de jabuticaba foi de 2,83, valores maiores foram relatados por LAMOUNIER et al. (2015) e LIMA et al. (2008) para farinha de casca de jabuticaba e casca de jabuticabas *in natura*, 3,27 e 3,39 respectivamente. A presença de antocianinas está correlacionada ao pH do fruto, sendo mais estáveis aos fatores que provocam decomposição em valores de pH menores de 3,0 (LAMOUNIER et al., 2015). Cascas com características ácidas contribuem para a industrialização de novos produtos alimentícios, principalmente doces, geleias e sucos (AUGUSTA et al., 2010).

O nível de acidez da farinha da casca da jabuticaba indicou que o produto é ácido tendo valor de 2,50 g/100g. Em frutos a acidez pode indicar presença de componentes antioxidantes, sendo este parâmetro atribuído à presença de ácidos orgânicos usados como substratos para a respiração.

A análise de compostos fenólicos, sequestro de radical livre e antocianinas confirmaram a presença de compostos bioativos na farinha da casca de jabuticaba. Alves et al. (2013) e Lage et al. (2014) determinaram valores de 8,05 e 2,68 g EAG/100g, respectivamente, para amostras de farinha deste fruto, sendo estes menores que o determinado no presente trabalho, 10,30 g EAG/100g.

Quanto à atividade antioxidante os frutos podem ser classificados em: forte atividade antioxidante, quando há sequestro de radicais livres acima de 70%, moderada atividade antioxidante com sequestro de radicais livres entre 50% e 70% e baixa atividade antioxidante em valores menores que 50% de sequestro de radicais livres. Portanto, de acordo com os resultados obtidos a farinha da casca de jabuticaba pode ser classificada como produto com elevada atividade antioxidante (MELO et al., 2008).

TABELA 1 - Valor médio e desvio padrão dos parâmetros instrumentais de cor (L*, a* e b*), pH, acidez total titulável, compostos fenólicos, sequestro de radical livre, antocianinas, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais, índice de solubilidade em água, índice de solubilidade em leite, índice de solubilidade em iogurte, índice de absorção em água, índice de absorção em leite e índice de absorção em iogurte da farinha da casca da jabuticaba.

Variáveis	Média e Desvio Padrão
L*	29,14 ± 0,01
a*	9,65 ± 0,02
b*	9,99 ± 0,03
Ph	2,83 ± 0,01
Acidez total titulável (g/100g)	2,50 ± 0,03
Compostos fenólicos (g EAG/100g)	10,30 ± 0,97
Sequestro de radical livre (%)	91,33 ± 0,39
Antocianinas (mg/100g)	302,00 ± 0,02
Açúcares Redutores (%)	8,35 ± 0,02
Açúcares não redutores (%)	0,55 ± 0,02
Açúcares totais (%)	8,90 ± 0,01
ISA (g de gel/g de matéria seca)	0,43 ± 0,38
ISL (g de gel/g de matéria seca)	3,48 ± 0,41
ISI (g de gel/g de matéria seca)	0,07 ± 0,01
IAA (g de gel/g de matéria seca)	4,18 ± 0,26
IAL (g de gel/g de matéria seca)	4,56 ± 0,06
IAI (g de gel/g de matéria seca)	28,36 ± 3,95

A presença de antocianinas na farinha da casca da jabuticaba demonstra que tal produto é fonte rica nesse composto, já que frutos ricos em antocianinas possuem quantidades superiores a 200 mg de antocianinas em 100g de fruto (MACHEIX et al., 1990). Valor semelhante foi relatado por TERCÍ (2004) em farinhas da casca da jabuticaba, 314 mg/100g. Conforme AUGUSTA et al. (2010) este fruto desperta interesse de produtores e consumidores em função do elevado poder antioxidante, compostos fenólicos e compostos bioativos que contribuem para reduzir a incidência de doenças degenerativas no organismo.

Houve baixa incidência de açúcares redutores, não redutores e totais na farinha da casca da jabuticaba, 8,35%; 0,55% e 8,90%, respectivamente. SATO & CUNHA (2007) relataram valores de 11,80% para açúcares totais e 9,8% para açúcares redutores na polpa da jabuticaba *in natura*. Para a polpa liofilizada, estes autores indicaram valores semelhantes para os açúcares redutores, 9,93%. RODA et al. (2013) analisaram que frutos podem apresentar diferenças na quantidade de açúcares quando colhidos em épocas distintas.

O índice de solubilidade da farinha da casca da jabuticaba demonstrou que o produto sendo solubilizado em leite apresenta maior capacidade de formação de solução. A solubilidade em iogurte e água em proporção menor pode indicar a baixa presença de amido e sólidos solúveis na farinha analisada (LOUBES & TOLABA, 2014).

O índice de absorção da farinha analisada apresentou valores distintos para a água, leite e iogurte, indicando maior absorção em iogurtes. Esse parâmetro contribui para que a farinha seja usada em produtos à base de iogurtes e indica a capacidade de retenção da amostra pelo líquido a ser analisado dependendo da exposição de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos das moléculas. SILVA et al. (2013) e CLEMENTE et al. (2012) determinaram valores superiores aos índices de solubilidade e absorção em água para farinha de tapioca e farinha de resíduos de laranja devido a presença de fibras que possuem a capacidade de formar gel com materiais líquidos, contribuindo, desse modo, para afirmar a baixa presença de fibras na farinha estudada (FAGAN et al., 2006).

O potássio foi o macronutriente que apresentou teor elevado, 12 g/kg, em comparação ao nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio (Tabela 2).

TABELA 2 - Valores descritivos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sulfato (S-SO₄), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), proteína e valor calórico da farinha da casca da jabuticaba.

Minerais	Farinha de Jabuticaba
N (g/kg)	1,15
P (g/kg)	0,92
K (g/kg)	12,00
Ca (g/kg)	0,42
Mg (g/kg)	0,55
S-SO ₄ (g/kg)	0,74
Fe (g/kg)	14,70
Mn (mg/kg)	12,50
Cu (mg/kg)	8,30
Zn (mg/kg)	112,00

B (mg/kg)	ND
Proteína (g/100g)	7,19
Valor Calórico (cal/g)	359,30

Zinco, com 112 mg/100g, foi o micronutriente com maior valor perante os analisados. Ascheri et al. (2006) analisou farinhas do bagaço da jabuticaba e determinou que o potássio e o ferro obtiveram presença significativa. LIMA et al. (2008) relataram que a farinha da casca da jabuticaba pode ser uma fonte alternativa de minerais, principalmente, potássio, magnésio e manganês.

Foram determinadas 7,19 g/100g de proteínas na farinha da casca da jabuticaba. Valores menores foram relatados por Lima et al. (2008) e Dessimoni-Pinto et al. (2011) para casca de jabuticabas, 0,57 g/100g e 1,38 g/100g, respectivamente. O conteúdo energético da farinha foi de 359,30 Kcal/100g. A farinha de trigo e farinha de milho apresentaram conteúdo energético semelhante, com 360 Kcal/100g e 351 Kcal/100g, respectivamente (FERREIRA et al., 2012).

A microscopia eletrônica de varredura indicou a presença de possíveis grânulos de amido na farinha da casca da jabuticaba. MANIGLIA (2012) descreveu grânulos de amido apresentando formato triangular achatado com diferentes tamanhos (10 μm a 48 μm), com maior porcentagem de grânulos na faixa de 22 μm a 27 μm de diâmetro. A porosidade apresentada na Figura 1 pode indicar a penetração do solvente e remoção de compostos que estavam aderidos à matriz da célula. Os baixos valores do índice de solubilidade e absorção em água contribuem, juntamente com a microscopia eletrônica de varredura, para afirmar a baixa presença de fibras na farinha da casca de jabuticaba.

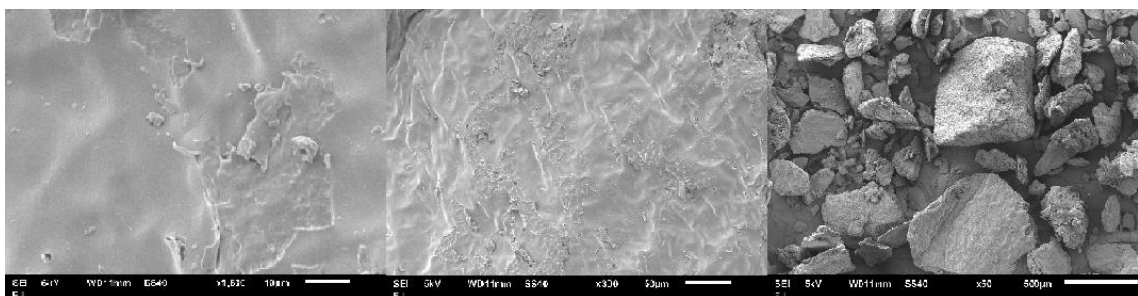


FIGURA 1 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca de jabuticaba.

5.4 Conclusão

A farinha da casca da jabuticaba possui características físico-químicas interessantes devido a acidez e pH. A quantidade de compostos bioativos, como as antocianinas, na farinha

contribui para afirmar o interesse comercial da mesma para enriquecimento de produtos alimentícios.

5.5 Referências Bibliográficas

ALVES, A. P. C.; CORRÊA, A. D.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, F. C. Flour and anthocyanin extracts of jaboticaba skins used as a natural dye in yogurt. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 10, p. 2007 – 2013, 2013.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY) (2000). Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry, n° 925.09.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagoço de jaboticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

AUGUSTA, M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A.; COUTO, M. A. P. G. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 928-932, 2010.

BATISTA, A. G.; LENQUISTE, S. A.; MOLDENHAUER, C.; GODOY, J. T.; REIS, S. M. P. M.; MARÓSTICA JÚNIOR, R. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg.) peel improved triglycerides excretion and hepatic lipid peroxidation in high-fat-fed rats. **Revista de nutrição**, v. 26, n. 5, p. 571-581, 2013.

CIPRIANO, P.A. **Antocianinas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e casca de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) na formulação de bebidas isotônicas**. 2011. 131p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L.; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p.257-269, 2012.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; MOREIRA, W. A.; CARDOSO, L. M.; PANTOJA, L. A. Jaboticaba peel for jelly preparation: an alternative technology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 4, p. 864-869, 2011.

DUZZIONI, A.G. Avaliação da atividade antioxidante e quantificação dos principais constituintes bioativos de algumas variedades de frutas cítricas. 2009. 115p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2009.

FAGAN, C.C; O'DONNELL, C.P; CULLEN, P.J; BRENNAN, C.S. The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. **Journal of Food Engineering**, v.77, n. 2, p. 261-268, 2006.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERREIRA, A. E.; FERREIRA, B. S.; LAGES, M. M. B.; RODRIGUES, V. A. F.; THÉ, P. M. P.; PINTO, N. A. V. D. Caracterização e uso da casca de jaboticaba. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 603-607, 2012.

LAGE, F. F.; SIMÃO, A. A.; GUEDES, M. N. S.; RAMOS, V. O.; SOUSA, R. V.; CORRÊA, A. D. Jaboticaba [*Pliniajaboticaba* (Vell.) Berg] skins decrease lipid peroxidation: hepatoprotective and antihyperlipidemic effects. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 11, p. 1295 – 1302. 2014.

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 jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 2, p. 93-104, 2015.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LOUBES, M. A.; TOLABA, M. P. Thermo-mechanical rice flour modification by planetary ball milling. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 320 -328, 2014.

MACHEIX, J. J; FLEURIET, A; BILLOT, J. **Fruit phenolics**. Boca Raton: CRC, 1990. 361 p.

MALDONADE, I. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; SCAMPARINI, A. R. P. Carotenoids yeasts isolated from the Brazilian ecosystem. **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, p. 145-150, 2008.

MANIGLIA, B. C. Elaboração de filmes biodegradáveis a partir do resíduo da extração do pigmento de Cúrcuma. In: USP. Ribeirão Preto. Dissertação de Mestrado. 2012. 144p.

MELO, E. A., MACIEL, M. I. S., LIMA, V. A. G. L; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

NUNES, J. S.; CASTRO, D. S.; SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; GOUVEIA, J. P. G. Obtenção e caracterização físico-química de polpa de jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora* Berg) congelada. **Revista Verde**, v. 9, n.1, p.234-237, 2014.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, A. L.; BRUNINI, M. A.; SALANDINI, C. A. R.; BAZZO, F. R. Caracterização tecnológica de jaboticabas ‘Sabará’ provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 397-400, 2003.

RODA, F.; AMBROSE, L.; WALTER, G. M.; LIU, H. L.; SCHAUL, A.; LOWE, A.; PELSER, P. B.; PRENTIS, P.; RIESEBERG, L. H.; ORTIZ-BARRIENTOS, D. Genomic

evidence for the parallel evolution of coastal forms in the *Senecio lautus* complex. **Molecular Ecology**, v. 22, n. 11, p. 2941 – 2952, 2013.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, n. 2, p.270-276, 1998.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v. 43, n.1, p. 185-191, 2013.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revistas Ceres**, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TERCI, D. B. L. **Aplicações analíticas e didáticas de antocianinas extraídas de frutas**. 2004. 224 p. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

6. CAPÍTULO II

PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FÍSICAS DE BEBIDAS LÁCTEAS SABORIZADAS COM POLPA DE ABACAXI E FARINHA DA CASCA DE JABUTICABA

RESUMO

As bebidas lácteas podem ser enriquecidas com polpa de frutos e farinhas alternativas produzidas a partir de resíduos industriais. Durante o desenvolvimento de um novo produto alimentício, observam-se as características químicas, físicas, sensoriais e microbiológicas. Objetivou-se com esse trabalho o desenvolvimento de bebida láctea saborizada com polpa de abacaxi e casca da jabuticaba, sendo realizadas as análises de fungos, bactérias e leveduras, assim como análises físico-químicas, sensoriais, viscosidade, microscopia eletrônica de varredura e infravermelho. A bebida láctea adicionada de polpa e farinha da casca do fruto apresentou maiores teores de potássio e manganês. As características físico-químicas e sensoriais não apresentaram diferenças significativas na bebida láctea sem adição de fruto e na bebida láctea com distintas concentrações deste ingrediente. Durante o armazenamento houve oscilação do pH, teores de acidez e viscosidade das bebidas lácteas, no entanto, os padrões microbiológicos não apontaram contaminação do produto. Conclui-se que a bebida láctea adicionada de polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba possui potencial para comercialização controlando a variação da viscosidade.

Palavras-Chave: Acidez, Microbiológico, Potássio, Viscosidade.

ABSTRACT

The dairy beverages can be enriched with fruit pulp and alternate flours produced from industrial waste. During the development of a new food product it should be observed the chemical, physical, microbiological and sensory characteristics. This work aimed to develop a milk drink added with pineapple pulp and jabuticaba peel flour being done the fungal, bacteria and yeast analysis, as well as physical and chemical analysis, sensory, viscosity, scanning electron microscopy and infrared. The milk drink with added with fruit

pulp and peel showed higher levels of potassium and manganese. The physicochemical and sensory characteristics showed no significant differences in the milk drink without added fruit and milk drink with different concentrations of this ingredient. During storage there was oscillation of pH, acid content and viscosity of milk drinks, however, no microbiological standards indicated contamination of the product. It is concluded that the milk drink with added pineapple pulp and jabuticaba peel flour has the potential for commercialization controlling the variation of viscosity.

Key Words: Acidity, Microbiological, Potassium, Viscosity.

6.1 Introdução

Na indústria alimentícia mais precisamente na indústria láctea vem surgindo uma nova tendência que é a produção de iogurtes e leites fermentados funcionais. Bebidas lácteas fermentadas, à base de soro são basicamente a mistura de iogurte e soro, e, entende-se por “fermentadas” os produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidos por coagulação e diminuição do pH do leite, ou leite reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante a ação de cultivos de microrganismos específicos (BRASIL, 2007).

As bebidas lácteas baseadas em frutos e derivados de leite estão recebendo atenção considerável pelo potencial de crescimento, por serem sensorialmente agradáveis. Dentro desse mercado de bebidas lácteas saborizadas, as mais comuns são as adicionadas de polpa de frutos (MATOS, 2009).

O abacaxi por longo tempo tem sido o fruto não cítrico mais popular nos países tropicais e subtropicais, principalmente pelo seu atrativo sabor e aroma, contendo grande diversidade de vitaminas e sais minerais (FREIMAM, 2009).

A jabuticaba também é um dos frutos tropicais de elevado valor nutricional, pois possui alto teor de nutrientes essenciais, como carboidratos, vitaminas, compostos fenólicos e minerais (ASCHERI et al., 2006). Devido ao elevado teor de fibras, a casca da jabuticaba pode ser reaproveitada pela indústria de alimentos, como alternativa para a utilização deste resíduo em produtos e a elaboração de farinhas (BOTELHO et al., 2002).

Do ponto de vista de desenvolvimento de novos produtos e vida de prateleira, a qualidade dos alimentos é definida por parâmetros fisiológicos, valores nutricionais e atributos sensoriais como cor, sabor, textura, consistência e o tempo decorrido entre a

produção e a embalagem do produto até o consumo. A diminuição da qualidade e a redução de vida de prateleira podem ser consequência do efeito de uma ou mais destas propriedades (FACCIN, 2009).

Objetivou-se com esse trabalho o desenvolvimento de bebida láctea com adição de diferentes níveis da polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba, foram realizadas análises microbiológicas, assim como análises físico-químicas, sensoriais, viscosidade, microscopia eletrônica de varredura e infravermelho.

6.2 Material e Métodos

Para a produção da bebida láctea fermentada, foi empregado um volume de 60% de leite *in natura*, 40% de soro de leite e 10% de sacarose sob a base láctea, submetido à filtração em coador de nylon, com pasteurização a 90°C por 3 min. Logo após a pasteurização o conteúdo foi resfriado até 42°C e adicionado fermento contendo bifidobacterias e lactobacilos (*L. acidophilus LA-5*, *Bifidobacterium BB-12* e *S.thermophilus*), a mistura foi incubada em estufa (BOD Quimis® modelo Q-315d) à temperatura de 42°C, por cerca de quatro horas, até atingir pH 4,5. Após o tempo de coagulação da base láctea, a temperatura da estufa (BOD Quimis® modelo Q-315d) foi reajustada para 20°C, quando as amostras atingiram 20°C, efetuou-se a quebra do coágulo utilizando um bastão de vidro, em movimentos circulares por um minuto.

Após a quebra do coágulo foi adicionado 1% da farinha da casca de jabuticaba e polpa de abacaxi na proporção de 0%; 5%; 10% e 15%. Após a adição dos ingredientes as amostras foram envasadas em embalagens de polipropileno em condições assépticas, identificadas e expostas em câmara de fluxo laminar de luz Ultra Violeta (UV).

Após o envase as amostras foram encaminhadas para a refrigeração de (7 °C), e dado os procedimentos das análises de interesse (tempo inicial: 1 a 29 dias de armazenamento).

Os tratamentos seguiram a seguinte formulação: Tratamento 1 (controle): sem polpa e sem farinha; Tratamento 2: sem polpa com 1% de farinha da casca de jabuticaba (FCJ); Tratamento 3: 5% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 4: 10% de polpa e 1% de FCJ; Tratamento 5: 15% de polpa e 1% de FCJ.

A composição centesimal das bebidas lácteas nas distintas proporções foi realizada em triplicata conforme a seguir: a umidade de acordo com a metodologia nº 925.09 da AOAC (2000), até, obtenção do peso constante. Cinzas: de acordo com o método gravimétrico da AOAC, (2000) nº 923.03, com calcinação a 550 °C.

O pH foi determinado em peagâmetro e a análise de acidez conforme instrução normativa 68/2006 (BRASIL, 2006) nos dias 1; 8; 15; 22 e 29 de armazenamento.

Os minerais foram analisados em espectrofotômetro de absorção atômica e absorção molecular, modelo SpectrAA 110, Varian. O teor de proteína bruta conforme o método micro-Kjeldahl n° 920.87 da AOAC, (2000).

As análises microbiológicas de bolores, leveduras e bactérias ácido-lácticas foram realizadas nos dias 1, 8, 15, 22 e 29 de armazenamento. Para todas as análises, preparou-se a diluição 10^{-1} , pipetando 1 mL de amostra de bebida láctea para um tubo de ensaio contendo 9 mL do diluente estéril água peptonada 0,1%. Preparou-se a diluição 10^{-2} pipetando 1 mL da diluição 10^{-1} e transferindo para um tubo com 9 mL do diluente estéril e assim até a diluição adotada para cada análise.

As análises foram realizadas por meio da contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) observadas através de plaqueamento em superfície e pour-plate, utilizando a diluição de 25g de produto em 225mL de água peptonada 0,1% (1:10). A seguir, foram feitas diluições de 1:100 e 1:1000, realizando três repetições. De cada uma das diluições foram retiradas e transferidas alíquotas de 0,1mL para placas de Petri com o meio de cultura Ágar (KING et al., 1979), em triplicata. As placas foram mantidas em estufa incubadora por 5 dias a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo posteriormente contadas as colônias existentes.

Os parâmetros instrumentais de cor foram determinados em colorímetro (ColorQuest II, Hunter Lab Reston, Canadá), nos dias 1, 8, 15, 22 e 29 de armazenamento. Os resultados foram expressos em L^* , a^* e b^* , e os valores de L^* (luminosidade ou brilho) podem variar do preto (0) ao branco (100), os de croma a^* do verde (-60) ao vermelho (+60) e os de croma b^* do azul (-60) ao amarelo (+60).

Os açúcares redutores (glicose), não redutores (sacarose) e totais foram quantificados conforme metodologia de Maldonade et al. (2008) com adaptações. As amostras foram diluídas em 20 mL de água destilada e filtradas. O açúcar total resultou no aquecimento de 5 mL das amostras com uma gota de ácido clorídrico diluído em 60°C por 30 minutos em banho-maria. Posteriormente, do filtrado e do sistema aquecido pegou-se uma alíquota de 250 μL e adicionou 1,5 mL da solução de DNS. Este sistema foi aquecido a 100°C por 5 minutos, em banho-maria, sendo resfriado em banho de gelo e adicionado 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm. Os açúcares não redutores foram obtidos pela diferença dos açúcares totais e redutores. A equação de calibração da glicose foi $Y = 0,2817X$, em que Y é absorbância e X é a concentração de glicose e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,997$.

A determinação do teor de fenóis totais presentes nas amostras de extrato etanólico das farinhas das cascas de abacaxi foi realizada por meio de espectrofotometria na região visível utilizando o método de Folin-Ciocalteu com modificações. A amostra (1g) foi dissolvida em etanol, até completar o volume em balão de 100 mL. Uma alíquota de 10 mL da solução foi diluída com etanol para 50 mL (diluição de 5 vezes). Uma alíquota de 7,5 mL desta solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL e completado o volume com etanol. Uma alíquota de 100 µL desta solução foi agitada com 500 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 7,4 mL de água destilada por 1 minuto; passado este tempo, 2 mL de Na₂CO₃ a 15% foram adicionados à mistura e agitados por 30 segundos, completando 10 mL de solução. A solução ficou em repouso por 2 horas até a leitura, em triplicata que foi realizada em absorbância a 750 nm utilizando cubetas de vidro, tendo com “branco” o etanol e todos os reagentes, menos a amostra. O teor de fenóis totais (FT) foi determinado pela curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (10 a 350 µg/mL) e expressos como mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por g de amostra. A equação de calibração do ácido gálico foi $Y = 1,718X - 0,037$, em que Y é absorbância a 750 nm e X é a concentração do ácido gálico e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,996$.

A avaliação da atividade antioxidante foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH segundo metodologia descrita por Sánchez-Moreno et al. (1998), com adaptações. As análises foram medidas em espectrofotômetro no comprimento de onda 515 nm em triplicata de cada diluição.

Para determinar a curva de calibração do DPPH, uma alíquota de DPPH em diferentes concentrações (10, 20, 30, 40, 50 e 60 µM) foi transferida para uma cubeta de vidro e realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 515 nm. Utilizou-se o metanol como branco para calibração do aparelho. Para calcular a equação da reta, plotou-se as concentrações de DPPH (µM) no eixo X e as respectivas concentrações no eixo Y. Converteu-se de µM para g de DPPH através da transformação: $g \text{ DPPH} = (\mu\text{M DPPH} / 1000000) * 394,3$ (peso molecular DPPH). A equação da curva de calibração foi $Y = 0,022X + 0,030$ e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,999$.

A partir do extrato bruto previamente diluído em metanol em três concentrações (25%, 50% e 100% v/v), uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição foi transferida para tubo de ensaio com 3,9 mL do reagente DPPH. As leituras foram realizadas após meia hora para estabilização da amostra sendo o equipamento previamente calibrado com metanol.

As análises sensoriais das formulações de bebida láctea foram realizadas com 50 provadores. O modelo adotado para a análise sensorial foi o teste de aceitação e a avaliação

sensorial, baseou-se em notas atribuídas pelos provadores através de uma escala hedônica de nove (9) pontos, na qual se julgava a impressão global, que significava o sabor, aroma, textura e cor das bebidas lácteas (IAL, 2005). A análise foi realizada em cabines individualizadas, as cinco 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.

As análises estatísticas e os gráficos foram realizados através do *software* Sigmaplot 12.0 em triplicata de tratamentos. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3 Resultados e Discussão

A composição de macro e micronutrientes das bebidas lácteas está apresentada na Tabela 3. O potássio e manganês elevaram-se com o aumento da adição da polpa de abacaxi na formulação do produto. SOUZA et al. (2016) relataram que o abacaxi possui valores consideráveis de potássio que pode ter contribuído para o aumento deste nutriente com o aumento da adição de polpa na bebida láctea. A inserção de manganês na bebida láctea é característica da adição da farinha da casca da jabuticaba já que é fonte deste micronutriente (LIMA et al., 2008).

TABELA 3 - Valores descritivos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sulfato (S-SO₄), ferro (Fe) (mg/kg), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), proteína e valor calórico das bebidas lácteas controle e adicionadas de polpa de abacaxi e farinha da casca de jabuticaba (FCJ).

Parâmetros	Tratamentos				
	Controle	Sem polpa + 1% de FCJ	5% de polpa + 1% de FCJ	10% de polpa + 1% de FCJ	15% de polpa + 1% de FCJ
N (g/kg)	0,38	0,48	0,38	0,39	0,48
P (g/kg)	0,73	0,75	0,73	0,67	0,72
K (g/kg)	1,56	1,63	1,7	1,7	1,9
Ca (g/kg)	0,73	0,75	0,77	0,73	0,81
Mg (g/kg)	0,06	0,07	0,08	0,07	0,09
S-SO (g/kg) ₄	0,28	0,3	0,28	0,24	0,3
Fe (mg/kg)	1,32	1,44	1,2	1,56	1,55
Mn (mg/kg)	0,05	0,05	0,05	0,28	0,95
Cu (mg/kg)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Zn (mg/kg)	3,49	3,75	3,8	3,63	3,8
B (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND
Proteína (g/100g)	2,42	3,06	2,42	2,49	3,06
Valor Calórico (cal/g)	4523	4446	4707	4550	4571

Os resultados das análises microbiológicas realizadas ao longo do período de estocagem sob refrigeração estão apresentados na Figura 2.

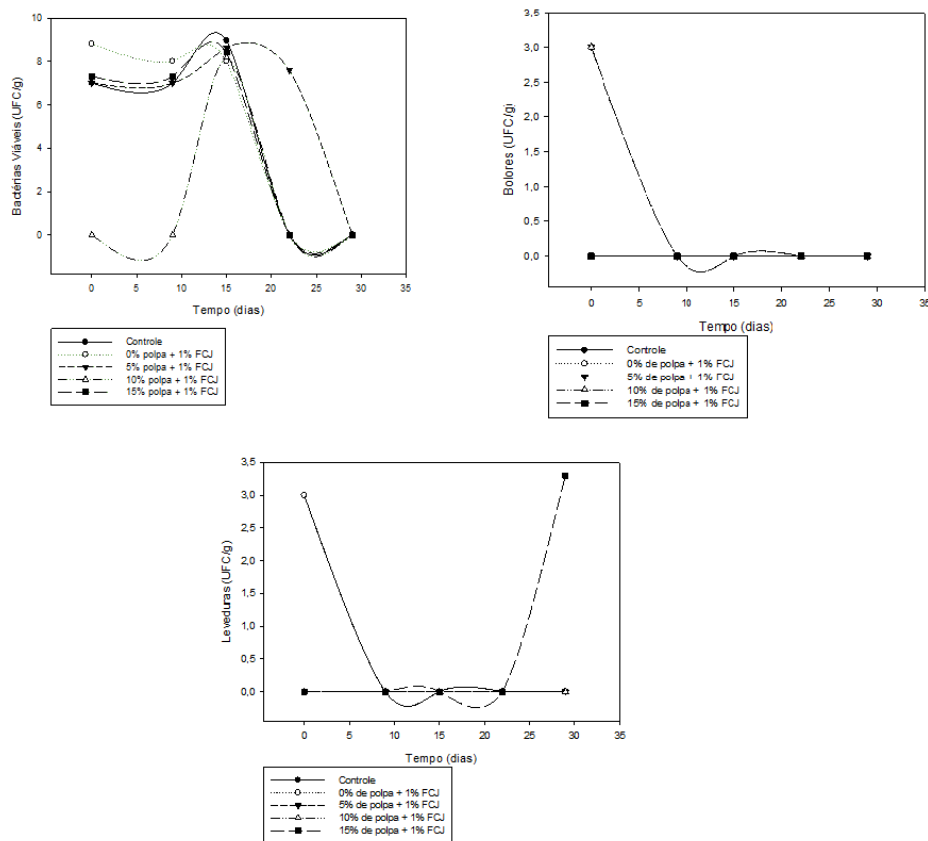


FIGURA 2 - Viabilidade de bactérias lácticas, bolores e leveduras em formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

A contagem total de bactérias lácticas viáveis deve ser no mínimo de 10^6 UFC/g (Unidades Formadoras de Colônia por grama) no produto final, para o(s) cultivo(s) láctico(s) específico(s) empregado(s), durante todo o prazo de validade (BRASIL, 2005). Diante desta informação pode-se inferir que no presente estudo a contagem de microrganismos apresentou resultados dentro do recomendado pela legislação, em que para bactérias viáveis obtiveram-se valores de até 10 Log UFC/g (10^6 UFC/g) nas formulações até o 15º dia de estocagem. Na

formulação com 10% de polpa e 1% de FCJ verificou-se valores inferiores a 6 Log UFC/g. De acordo com MACEDO et al., (2008) este comportamento pode estar relacionado com fatores como acidificação do produto, nível de oxigênio no mesmo, permeação do oxigênio através da embalagem, compostos microbianos indesejáveis que podem reduzir a viabilidade das bactérias probióticas.

O desenvolvimento de bolores e leveduras pode ser o fator determinante da vida útil de bebidas lácticas. A presença de leveduras em bebidas lácteas indica problemas com condições higiênico-sanitárias provocando multiplicação no produto ou falhas no processamento, estocagem e matéria-prima contaminada (TEBALDI et al., 2007). Conforme a Figura 2, as bebidas lácteas apresentaram níveis dentro dos padrões microbiológicos para leites fermentados, indicando excelente qualidade de produção e armazenamento do produto durante o período observado nesta pesquisa.

O resultado da análise das notas atribuídas pelos provadores a cada característica para cada formulação da bebida láctea está descrito na Tabela 4. Os resultados demonstraram que não houve diferença ($p > 0,05$) entre as formulações da bebida láctea para todos os atributos avaliados.

TABELA 4 - Valores médios da cor, aroma, sabor, textura e aparência de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

Parâmetros	Controle	Sem polpa + 1% de FCJ	5% de polpa + 1% de FCJ	10% de polpa + 1% de FCJ	15% de polpa + 1% de FCJ	CV (%)
Cor	7,19	7,81	6,98	7,30	7,23	22,84
Aroma	7,36	7,30	7,36	7,25	7,34	22,76
Sabor	7,47	7,87	7,08	7,40	7,13	22,94
Textura	7,06	7,66	6,74	7,25	6,91	23,49
Aparência	7,08	7,72	6,94	7,13	7,00	22,83

Médias acompanhadas de mesma letra em cada tratamento não apresentam diferença entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A bebida láctea com saborização de polpa de abacaxi e casca de jabuticaba demonstrou dados interessantes quanto à aceitação do produto. Os dados indicaram que houve

aceitação, sendo que o produto controle obteve notas semelhantes aos produtos saborizados. No entanto, a maior aceitação foi para a bebida láctea sem polpa de abacaxi e com adição de 1% de casca de jabuticaba. ALVES (2011) relatou aceitação nos mesmos atributos analisados neste trabalho para iogurtes com adição de 1% de casca de jabuticaba.

As bebidas lácteas fermentadas e controle não diferiram entre si ($p>0,05$) quanto aos parâmetros de cinzas e carboidratos totais (Tabela 5). Para os demais parâmetros analisados houve diferenças significativas ($p<0,05$).

TABELA 5 - Valores médios de umidade (%), cinzas (%), gordura (%), carboidratos (g/100g), vitaminas c (g/100g), compostos fenólicos (mg/100g), sequestro de radical livre (%), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%), açúcares totais (%) de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

Parâmetros	Controle	Sem polpa + 1% de FCJ	5% de polpa + 1% de FCJ	10% de polpa + 1% de FCJ	15% de polpa + 1% de FCJ	CV (%)
Umidade	81,69 ab	81,32 b	81,07 b	81,62 ab	82,08 a	0,31
Cinzas	0,55 a	0,52 a	0,54 a	0,51 a	0,51 a	5,42
Gordura	3,01 a	3,00 a	2,99 a	2,70 ab	2,06 b	11,16
Carboidratos	12,33 a	12,10 a	12,98 a	12,69 a	12,28 a	3,36
Vitamina C	38,16 a	29,35 ab	26,42 bc	17,61 cd	11,74 d	15,97
Compostos Fenólicos	167,863 c	222,713 b	245,573 a	219,768 b	236,702 a	30,94
Sequestro de Radical Livre	45,87 e	89,04 d	93,99 a	90,89 c	92,10 b	24,87
Açúcares Redutores	14,80 a	14,03 b	14,79 a	14,67 a	14,50 b	2,18
Açúcares Não Redutores	5,08 b	6,20 a	5,52 a	5,14 b	5,75 a	8,35
Açúcares Totais	19,89 b	20,23 a	20,29 a	19,81 b	20,25 a	1,13

Médias acompanhadas de mesma letra em cada tratamento não apresentam diferença entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A diferença de umidade relatada para os distintos tratamentos das bebidas lácteas pode estar relacionada com a solubilização da polpa de abacaxi e a farinha da casca da jabuticaba.

GERHARDT et al. (2013) relataram valores semelhantes para estes parâmetros em bebidas lácteas fermentadas com adição de soro de ricota e colágeno. PAIVA et al. (2014) descreveram valores menores, em torno de 76,4% e 79,7% para bebidas lácteas adicionadas de polpa de abacaxi, indicando, também, que não há padrões na legislação para a umidade destes produtos.

Os teores de cinzas das bebidas lácteas analisadas neste trabalho variaram de 0,51% a 0,55%. THAMER & PENNA (2006) relataram valores semelhantes para bebidas lácteas fermentadas por probióticos e acrescidas de prebióticos. Este parâmetro pode ser indicação da quantidade de minerais contidos nos produtos.

Os teores de gorduras analisados nas bebidas lácteas ficaram acima dos padrões descritos no regulamento técnico de identidade e qualidade da bebida láctea (BRASIL, 2005) que estipula teor mínimo de 2% para estes produtos. LIMA (2011) relatou valores dentro dos padrões para bebida láctea saborizada com abacaxi.

O teor de carboidratos variou de 12,98 g/100g a 12,10 g/100g para as bebidas lácteas estudadas. Valores semelhantes foram analisados por THAMER & PENNA (2006) relatando que a alta concentração deste componente associada à concentração de açúcares redutores, não redutores e totais podem estar relacionado ao fato do soro de leite ser rico em lactose, açúcares e frutooligossacarídeos.

A quantificação de vitamina C nas bebidas lácteas apresentou variação considerável que pode ser explicado por perdas nesta vitamina durante o aquecimento e preparo das bebidas fermentadas. Os compostos fenólicos e sequestro de radical livre obtiveram valores esperados confirmando o que foi descrito por ALVES et al. (2013) e LAGE et al. (2014) que polpa de abacaxi e casca de jabuticaba apresentam valores consideráveis desses compostos sendo frutos ricos em compostos bioativos e, portanto, interessante a sua ingestão para a manutenção de doenças degenerativas no organismo humano.

Com exceção do controle as bebidas lácteas apresentaram valores de pH menores que 4,0 no início do armazenamento (Figura 3). Ao longo dos dias de armazenamento observa-se oscilação do valor de pH para todos os tratamentos. A oscilação deste parâmetro pode estar relacionada à fermentação, que mesmo durante o resfriamento, continua a ocorrer, porém, de maneira lenta. Em produtos lácteos com pH menor que 4,0 ocorre a separação do soro pela redução da hidratação das proteínas e contração do coágulo como observado por BRANDÃO (2002).

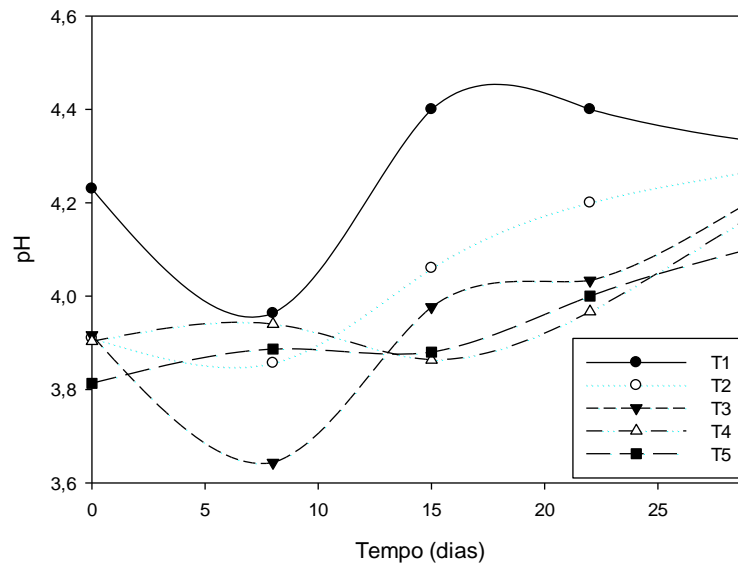


FIGURA 3 - Valores de pH de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

As bebidas lácteas apresentaram variações na acidez durante o armazenamento (Figura 4). A bebida controle obteve os maiores valores de acidez durante toda a análise quando comparado aos demais tratamentos. Observa-se, também, que houve comportamento oposto do controle em comparação as bebidas lácteas adicionadas de polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba. A variação considerável da acidez pode indicar baixa estabilidade microbiológica do produto durante o armazenamento, evidenciando que após os 20 dias de análise pode ter ocorrido interação da polpa de abacaxi com a farinha da jabuticaba, contribuindo para a queda nos valores de acidez (BRASIL, 2007).

A elevada acidez apresentada no 15º dia de armazenamento pode indicar que as proteínas do leite estavam no ponto isoelétrico contribuindo para que ocorresse a variação do pH descrito anteriormente na Figura 3 (ANVISA, 2001). Também, neste momento, a elevada acidez deve-se à ação do *Lactobacillus acidophilus* que possui grande capacidade de produzir ácido durante a fermentação (KEMPKA et al., 2008).

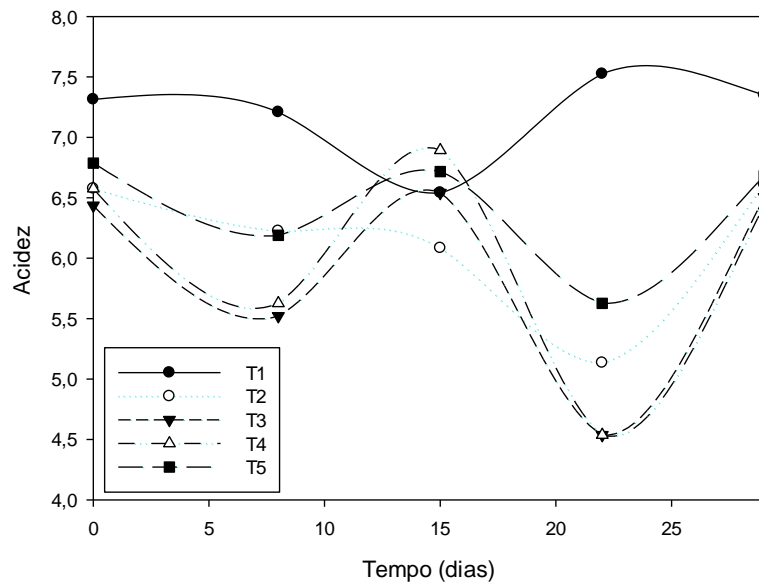


FIGURA 4 - Valores de acidez de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

Zacarchenco (2004) em estudo com leites fermentados por *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium longum* e *Lactobacillus acidophilus*, constatou que os menores valores de pH (4,19) e os maiores de acidez titulável (135,5) foram encontrados no leite fermentado por *Streptococcus thermophilus* aos 21 dias de estocagem, próximo ao relacionado nesta pesquisa. A variação de pH e acidez durante o armazenamento de bebidas saborizadas com pêssgo foi relatado por Kempka et al. (2008) indicando que a alteração nestes parâmetros causou ao produto acidez não aceitável nas análises sensoriais.

A viscosidade das bebidas lácteas está relatada na Figura 5. A variação considerável neste parâmetro durante o armazenamento pode indicar que a bebida permaneceu sem uma consistência constante. Há estudos de uso de hidrocoloides em bebidas lácteas para prevenir a separação de soro e estabilização da textura, mantendo os padrões de viscosidades com valores elevados (COSTA et al., 2013). Portanto, a queda na viscosidade relatada ao décimo quinto dia de armazenamento pode indicar a separação do soro e conseqüente queda de firmeza do produto, exceto para o controle que apresentou leve aumento durante este período.

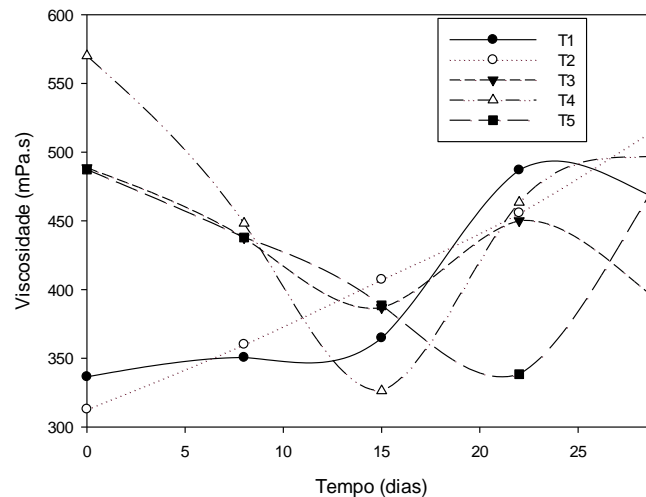


FIGURA 5 - Valores de viscosidade de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

A oscilação da viscosidade ocorre em adições de soro em proporções maiores provocando a separação de fases, portanto, segundo Caldeira et al. (2010) é interessante a menor adição deste composto que contribui para uma textura semelhante ao do iogurte e auxilia na aceitação do novo produto. A viscoelasticidade e plasticidade do gel adicionado a bebidas lácteas são influenciadas por tratamento térmico do leite, quantidade de perfil hidrofílico/hidrofóbico dos ingredientes, teor de proteínas, gorduras e a acidez (CODA et al., 2012).

Quanto à análise de cor, como demonstrado na Figura 6, pode-se observar que entre os Tratamentos 2, 3, 4 e 5, não houve diferença. Os valores entre esses tratamentos que ficaram discrepantes podem ser explicados pelas quantidades de partículas da farinha da casca de jabuticaba na bebida dando coloração mais acentuada.

A análise dos parâmetros L, a*, b* indica a influência da adição da polpa de abacaxi e casca da farinha da casca da jabuticaba nas bebidas lácteas. O controle obteve luminosidade e valores de b* maiores e menores valores de a* ao que foi determinado para os demais tratamentos. Pode-se indicar que as diferenças estão relacionadas com a coloração da casca da jabuticaba que apresenta a tendência a menor luminosidade e a tonalidade vermelha. Já o parâmetro b* indica que a bebida láctea controle apresentou tendência para a coloração amarela não observada nas bebidas saborizadas com polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba. Bueno et al. (2014) relataram comportamento semelhante para iogurtes com

adições de polpa de pitanga descrevendo que o soro de leite sem adição pode provocar uma coloração mais esverdeada, caracterizando menores valores de a^* .

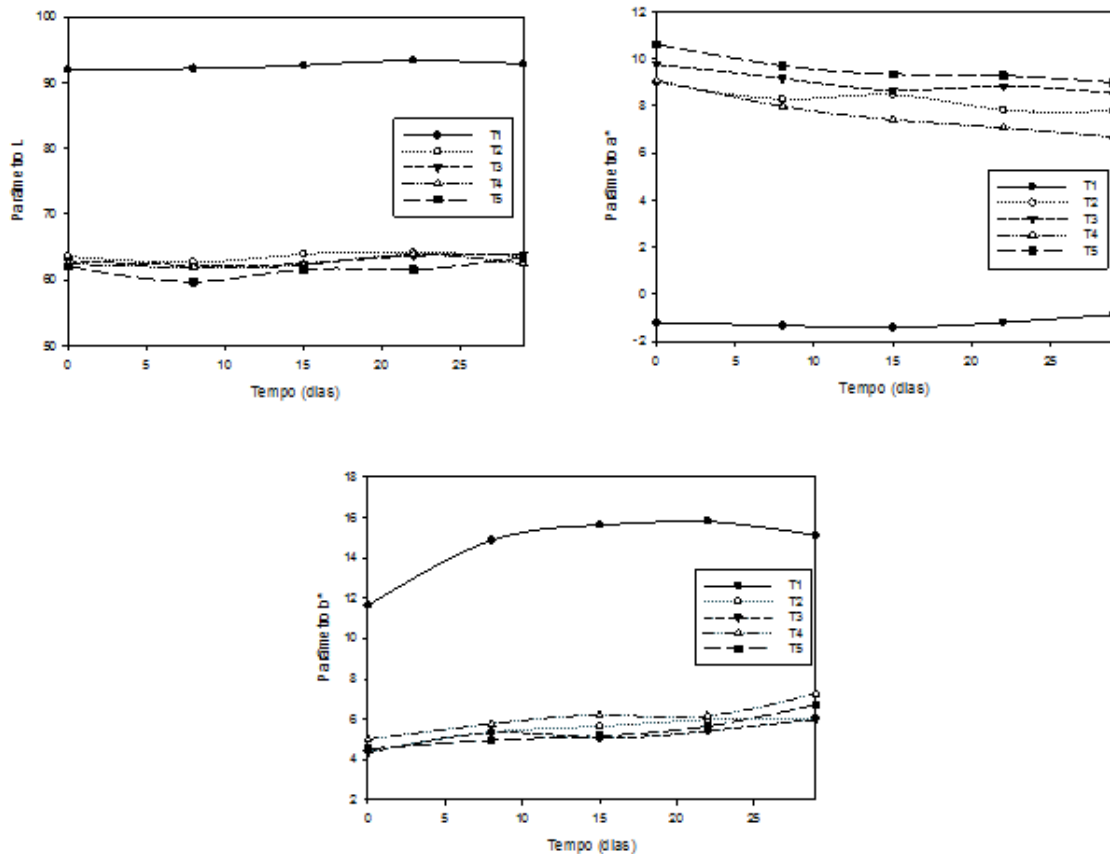


FIGURA 6 - Parâmetros de cor L, a^* e b^* de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jabuticaba.

No entanto, DIAS (2012) relata que a coloração de bebidas lácteas é totalmente dependente dos pigmentos presente nos ingredientes a ser adicionados e estes, por sua vez, variam conforme a sazonalidade e proporção utilizadas.

A microscopia eletrônica de varredura tem como objetivo avaliar a interação da polpa de abacaxi e farinha da casca da jabuticaba com o soro de leite e verificar a formação de estruturas porosas na bebida láctea, conforme observado na Figura 7. Houve a formação de porosidade e pequenos grânulos no produto, assim como foi observado por MARAFON et al. (2011) em iogurtes probióticos suplementados com proteínas de leite. No entanto, a incidência de poros pode significar estrutura com interações fracas entre as caseínas resultando em fluído com menor consistência, como foi relatado na análise de viscosidade nesta pesquisa (LEE & LUCEY, 2003).

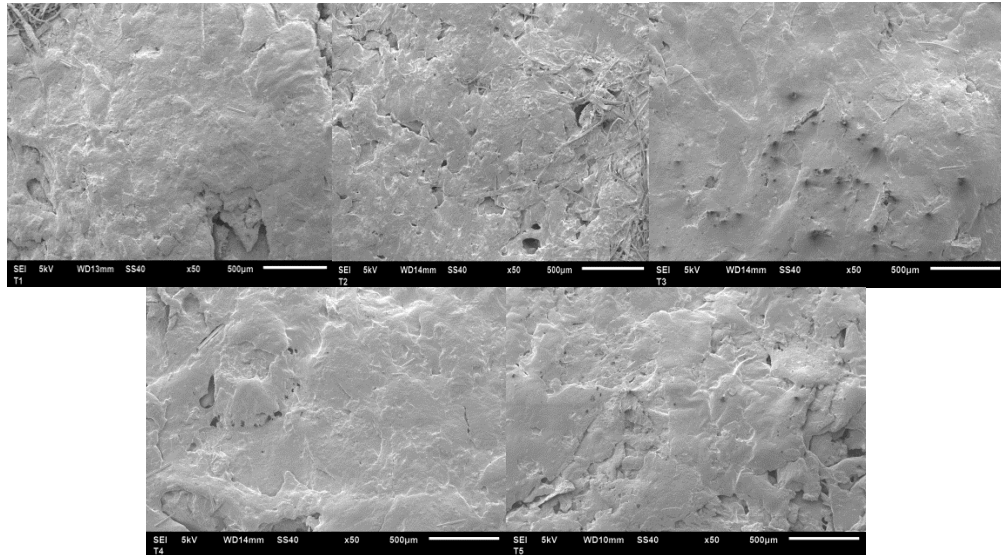


FIGURA 7 - Microscopia eletrônica de varredura de formulações de bebidas lácteas com diferentes níveis de adição de polpa de abacaxi e adição de 1% da farinha da casca de jaboticaba.

6.4 Conclusão

As bebidas lácteas apresentaram fatores relevantes quanto à composição, destacando aumento nos nutrientes, principalmente, potássio. No entanto, o teor de gordura das bebidas estava acima do permitido pela legislação. As bebidas apresentaram variação no pH, acidez e viscosidade durante o armazenamento podendo ser provocados por problemas nas proporções de ingredientes, preparo ou armazenamento das bebidas lácteas. A microscopia eletrônica de varredura indicou a formação de grânulos que contribuem para afirmar a oscilação da viscosidade durante o armazenamento dos produtos.

6.5 Referência Bibliográfica

ALVES, A. P. C.; CORRÊA, A. D.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, F. C. Flour and anthocyanin extracts of jaboticaba skins used as a natural dye in yogurt. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 10, p. 2007 – 2013, 2013.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. In: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry, n° 925.09, 2000.

ASCHERI, D. P. R.; MOURA, W. S.; ASCHERI, J. L. R.; FREITAS JUNIOR, E. A. Propriedades termodinâmicas de adsorção de água do amido de rizomas do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 454-462, 2009.

BOTELHO, L; CONCEICAO, A.; CARVALHO, V. D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “smooth cayenne”. **Ciência e agrotécologia**, v. 26, n. 2, p. 362-367, 2002.

BRANDÃO, S. C. C. Novas gerações de produtos lácteos funcionais. **Indústria de Laticínios**, v. 6, n. 37, p. 64-66, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 16, de 23 de agosto de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/legislacao6.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 46, de 23 de outubro de 2007. Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/instru%C3%87%C3%83o-normativa-n%C2%BA-46-de-23-de-outubro-de-2007.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

CALDEIRA, L.; FERRAO, S.; FERNANDES, S.; MAGNAVITTA, A.; SANTOS, T. Development of strawberry-flavored milk drink using different yoghurt levels and whey obtained from buffalo’s milk. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2193 – 2198, 2010.

CODA, R.; LANERA, A.; TRANI, A.; GOBBETTI, M.; CAGNO, R. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 155, n. 3, p. 120–127, 2012.

COSTA, A. V. S.; NICOLAU, E. S.; TORRES, M. C. L.; FERNANDES, P. R.; ROSA, S. I. R.; NASCIMENTO, R. C. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 209-226, 2013.

DIAS, M. L. L. A. **Bebida fermentada simbiótica: características físico-químicas, sensoriais e viabilidade de lactobacillus acidophilus**. 2012. 73 f. Tese (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

FACCIN, G. L. **Estabilidade e propriedades sensoriais da bebida de farelo de arroz parbolizado orgânico e os efeitos de seu consumo em ratos**. 2009. 165 f. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GERHARDT, A.; MONTEIRO, B. W.; GENNARI, A.; LEHN, D. N.; SOUZA, C. F. V. Características físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas utilizando soro de

ricota e colágeno hidrolisado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 390, n. 68, p. 41-50, 2013.

KEMPKA, A. P.; KRÜGER, R. L.; VALDUGA, E.; LUCCIO, M. D. ; TREICHEL, H.; CANSIAN, R.; OLIVEIRA, D. Formulação de bebida láctea fermentada sabor pêssego utilizando substratos alternativos e cultura probiótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 0, p 170-177, 2008.

LAGE, F. F.; SIMÃO, A. A.; GUEDES, M. N. S.; RAMOS, V. O.; SOUSA, R. V.; CORRÊA, A. D. Jabuticaba [Pliniajaboticaba (Vell.) Berg] skins decrease lipid peroxidation: hepatoprotective and antihyperlipidemic effects. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 11, p. 1295 – 1302. 2014.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas: Métodos físico-químico para análise de alimentos. 1 ed. Digital. São Paulo, 2005.

LEE, W. J.; LUCEY, J. A. Rheological properties, whey separation, and microstructure in set-style yogurt: effects of heating temperature and incubation temperature. **Jornal os texture studies**, v. 34, n. 1, p. 515 – 536, 2003.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) e de suas frações. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, v. 58, n. 4, p. 426-421, 2008.

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

LOPES, W. A.; FASCIO, M. Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. **Química Nova**, v. 27, n. 4, p. 670-673, 2004.

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**, v. 28, n. 4, p. 935-942, 2008.

MALDONADE, I. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; SCAMPARINI, A. R. P. Carotenoids yeasts isolated from the Brazilian ecosystem. **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, p. 145-150, 2008.

MARAFON, A.P.; SUMI, A.; ALCÂNTARA, M. R.; TAMIME, A. Y.; OLIVEIRA, M. N. Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 22, n.2, p. 511-519, 2011.

MATOS, R. A. **Desenvolvimento e mapa de preferência externo de bebida láctea a base de soro e polpa de graviola (*Annona muricata*)**. 2009. 79 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

PAIVA, Y. F.; SILVA, K. C. M.; PEREIRA, K. D.; OLIVEIRA, C. P.; ARAÚJO, A. S. Avaliação microbiológica de iogurte natural com polpa de abacaxi base mel. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 10 – 15, 2014.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. ed. 6. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

SOUZA, R. A. T.; FONSECA, T. R. B.; KIRSCH, L. S.; SILVA, L. S. C.; ALECRIM, M. M.; FILHO, R. F. C.; TEIXEIRA, M. F. S. Nutritional composition of bioproducts generated from semi-solid fermentation of pineapple peel by edible mushrooms. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 12, p. 451-457, 2016.

TEBALDI, V.; RESENDE, J. G. O. S.; RAMALHO, G. C. A.; OLIVEIRA, T. L. C.; ABREU, L. R.; PICOLI, R. Avaliação microbiológica de bebidas lácteas fermentadas adquiridas no comércio varejista do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1085 – 1088, 2007.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006.

ZACARCHENCO, P. B.; MASSAGUER-ROIG, S. Avaliação sensorial, microbiológica e de pós-acidificação durante a vida-de-prateleira de leites fermentados contendo *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium longum* e *Lactobacillus acidophilus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 38, n. 1, p. 674-679, 2004.

7. CAPÍTULO III

CINÉTICA DA SECAGEM E APROVEITAMENTO ALIMENTAR DA FARINHA DA CASCA DE ABACAXI

RESUMO

Cascas de abacaxi são resíduos industriais que podem ser reaproveitados através da elaboração de uma farinha para enriquecimento de outros produtos. A secagem é um processo que contribui para aumentar a vida de prateleira do produto possibilitando uso mais abrangente do mesmo. Diante disso, objetivou-se estudar a secagem da casca de abacaxi em três temperaturas distintas considerando a curva de secagem, modelagem matemática, isotermas de sorção e parâmetros termodinâmicos para cada situação. As farinhas obtidas da secagem foram analisadas através da composição centesimal, coloração, atividade antioxidante e fenóis. O melhor ajuste matemático para a secagem da casca de abacaxi nas temperaturas de 55, 65 e 75°C foi Wang e Singh, Page e Midilli, respectivamente. E, para as isotermas de sorção foi Sigma Copace. Os parâmetros termodinâmicos apresentaram-se de maneira satisfatória indicando a perda de água forçada durante a secagem das cascas de abacaxi. A composição centesimal da farinha demonstrou concentrações elevadas de potássio e manganês, além de forte atividade antioxidante. Conclui-se que as cascas de abacaxi possuem potencial para reaproveitamento devido aos nutrientes. E, que a secagem apresentou eficiência considerando a qualidade da farinha.

Palavras – Chave: Antioxidante, Isotermas de sorção, Modelos Matemáticos, Parâmetros Termodinâmicos.

ABSTRACT

Pineapple peels are industrial waste that can be reused by preparing a meal for enrichment of other products. The drying is a process that contributes to increase product shelf life enabling wider use. The objective was to study the drying of pineapple peel in three different temperatures considering the drying curve, mathematical modeling, sorption isotherms and thermodynamic parameters for each situation. Flours obtained from drying were analyzed by proximate composition, coloring, antioxidant activity and phenol. The best mathematical fit

for drying the pineapple peel at temperatures of 55, 65 and 75 ° C was Wang and Singh, and Midilli Page, respectively. And for the sorption isotherms was Sigma CECAF. The thermodynamic parameters were found to be satisfactory indicating the loss of water during forced drying of the pineapple peel. The chemical composition of flour showed high concentrations of potassium and manganese, as well as strong antioxidant activity. It follows that the skins have the potential for reuse due to nutrients. The drying was efficient considering the quality of the flour.

Key Words: Antioxidant, Isotherms of Sorption, Mathematical Models, Thermodynamic Parameters.

7.1 Introdução

O abacaxi (*Ananas comosus* L.) é considerado um fruto tropical de importância econômica em todo o mundo sendo o Brasil o terceiro maior produtor (CORDENUNSI et al., 2010). Apresenta características relevantes sensoriais e nutricionais, especialmente sabor, cor, fibras, teor de ácido ascórbico e presença de antioxidantes (RAMALLO & MASCHERONI, 2012). A polpa do abacaxi é consumida na forma *in natura* e em produtos, como sucos, geleias, frutas secas, frutas em conserva e sorvetes (CORDENUNSI et al., 2010).

As cascas e talos do abacaxi, considerados resíduos industriais, podem apresentar características nutricionais desejáveis, como a presença de teores de fibras alimentares e minerais consideráveis (BOTELHO et al., 2002). A aplicação dos resíduos em produtos alimentícios, além de poder agregar valor nutricional, traz aumento econômico ao fruto. No entanto, os frutos apresentam elevado teor de umidade, geralmente acima de 80%, tornando-as extremamente perecíveis. A umidade influencia na estabilidade e segurança do produto, pois nestas proporções contribui para o aumento da multiplicação, atividade metabólica e resistência e sobrevivência dos microrganismos presentes. Desse modo, é interessante associar a estes resíduos processos tecnológicos que auxiliem na manutenção da qualidade e segurança (MARTINAZZO et al., 2007).

A secagem é um processo de retirada da umidade no produto através de processos físicos que contribuem para queda na atividade de água e aumento da vida de prateleira. O processo auxilia na queda de custos durante o transporte e armazenamento devido ao menor volume que será ocupado. Durante a secagem há dois processos que ocorrem simultaneamente: a transferência de calor a partir do ambiente circundante para evaporar a

umidade na superfície do produto e a transferência da umidade interna do produto para a superfície do material a ser desidratado (ERBAY & HEPBASLI, 2014).

Inúmeros modelos matemáticos são utilizados para descrever processos de secagem e determinar informações relevantes, podendo ser usados na elaboração de equipamentos que facilitem e contribuam para a qualidade no processo de secagem (TORREZ IRIGOYEN & GINER, 2014). A escolha do modelo preciso poderá prever as taxas de remoção de água e descrever o desempenho do processo tecnológico de cada produto.

Assim objetivou-se estudar a secagem da casca de abacaxi em três temperaturas distintas considerando a curva de secagem, modelagem matemática, isotermas de sorção e parâmetros termodinâmicos para cada situação. As farinhas obtidas da secagem foram analisadas através da composição centesimal, coloração, atividade antioxidante e fenóis.

7.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde. Os frutos de abacaxi foram sanitizados, descascados e triturados. Posteriormente, as cascas foram submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçada, em três condições de temperatura 55 °C, 65 °C e 75 °C. A secagem prosseguiu até que os frutos atingissem massa constante (teor de água de equilíbrio), determinado em estufa a 105 °C ± 3 °C, durante 24 horas (AOAC, 2000).

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 o teor de água desejado. O acompanhamento da redução da massa durante a secagem foi feito com auxílio de uma balança com resolução de 0,01 g.

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 Statistic 7.0.

Para a determinação das razões de teor de água das cascas de abacaxi 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 base seca (b.s.) ; X_i: teor de água inicial do produto (b.s.); e X_e: teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da secagem de frutos, Tabela 6, foram ajustados aos dados experimentais da secagem do resíduo do abacaxi (casca).

TABELA 6 - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de frutos.

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)
$RX = \exp\left(\left(-a \cdot \left(a^2 + 4 \cdot b \cdot t\right)^{0,5}\right) / 2 \cdot b\right)$	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, k₀, k₁ : constantes de secagem h⁻¹; e a, 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 (R²), do erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE).

O modelo da difusão líquida para a forma geométrica de placa plana, com aproximação de oito termos (Equação 13), foi ajustado aos dados experimentais de secagem das cascas de abacaxi, considerando a área superficial e o volume, de acordo com a seguinte expressão:

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

em que: RU: razão de umidade do produto, adimensional; n_t : número de termos; S: área da superfície do produto, m^2 ; e V: volume do produto, m^3 .

A área superficial (S) das cascas de abacaxi foi calculada de acordo com a expressão:

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

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

D_g : diâmetro geométrico médio.

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

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

em que: V_g : volume dos grãos, mm^3 ; A: comprimento, mm; B: largura, mm; e C: espessura, mm.

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_0 : fator pré-exponencial; E_a : energia de ativação, $kJ \cdot mol^{-1}$; R: constante universal dos gases, $8,134 \text{ kJ} \cdot kmol^{-1} \cdot K^{-1}$; e T_{ab} : temperatura absoluta, K.

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

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

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem das cascas do abacaxi 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⁻¹; S = entropia, J mol⁻¹; G = energia livre de Gibbs, J mol⁻¹; k_B = constante de Boltzmann, 1,38 x 10⁻²³ J K⁻¹; e h_p = constante de Planck, 6,626 x 10⁻³⁴ J s⁻¹.

Após a secagem, a farinha da casca do abacaxi foi obtida mediante três moagens em moedor multiuso Diogomaq[®], e acondicionadas em temperatura ambiente em embalagem de polietileno de baixa densidade dentro de dessecadores para análises posteriores.

A composição centesimal das farinhas nas distintas temperaturas da casca do abacaxi foi realizada em triplicata conforme a seguir: a umidade de acordo com a metodologia n° 925.09 da AOAC (2000), até, obtenção do peso constante. O teor de proteína bruta conforme o método micro-Kjeldahl n° 920.87 da AOAC (2000). Cinzas: de acordo com o método gravimétrico da AOAC, (2000) n° 923.03, com calcinação a 550 °C. Para a determinação da atividade de água (Aw) utilizou-se aparelho (HIGROPLAM MODEL 1 - ROTRONIC), nas temperaturas 55 °C, 65 °C e 75 °C. Os minerais da casca de abacaxi foram analisados em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo SpectrAA 110, Varian.

Os açúcares redutores (glicose), não redutores (sacarose) e totais foram quantificados conforme metodologia de Maldonade et al. (2008) com adaptações. As amostras da farinha foram diluídas em 20 mL de água destilada e filtradas. O açúcar total resultou no aquecimento de 5 mL das amostras com uma gota de ácido clorídrico diluído em 60 °C por 30 minutos em banho-maria. Posteriormente, do filtrado e do sistema aquecido pegou-se a alíquota de 250 µL e adicionou-se 1,5 mL da solução de DNS. Este sistema foi aquecido a 100°C por 5 minutos, em banho-maria, sendo resfriado em banho de gelo e adicionado 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm. Os açúcares não redutores foram obtidos pela diferença dos açúcares totais e redutores. A equação de calibração da glicose foi Y= 0,2817X, onde Y é absorbância e X é a concentração de glicose e o coeficiente de correlação R² = 0,997.

A cor das farinhas foi determinada em colorímetro (ColorQuest II, Hunter Lab Reston, Canadá). Os resultados foram expressos em L*, a* e b*, e os valores de L* (luminosidade ou brilho) podem variar do preto (0) ao branco (100), os de croma a* do verde (-60) ao vermelho

(+60) e os de croma b^* do azul (-60) ao amarelo (+60), conforme relatado por Paucar-Menacho et al., (2008).

O índice de absorção em leite (IAL), absorção em água (IAA) e absorção em iogurte (IAI) foi determinado pelo método de Okezie & Bello (1988). Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados 0,3 g da farinha e 15 mL de leite. Colocados por 1 minuto cada tubo em agitador vortex, os tubos foram centrifugados por 10 min. a 3.000 G em centrífuga (Sigma, 3-18K, Newport Pagnell, Inglaterra). O sobrenadante foi retirado com auxílio de uma pipeta volumétrica de 10 mL, permanecendo apenas o precipitado formado no tubo.

O índice de solubilidade em leite, água e iogurte (ISL, ISA e ISI) também foi determinado pelo método de Okezie & Bello (1988) com algumas modificações na secagem do sobrenadante, e o sobrenadante obtido na análise do IAL foi colocado em placas de petri e secos em estufa a 105 °C durante 6 horas. Utilizou-se um controle, em triplicata, para obter-se a quantidade de sólidos do leite e subtraí-la nos cálculos do resíduo de evaporação para determinação do ISL. Os valores do IAL, ISL e ISI foram determinados pelas Equações 22, 23 e 24 respectivamente e os resultados expressos em porcentagem e g de gel /g de matéria seca.

$$\text{Equação 22: IAL} = \text{Mrg/Ma (bs)} - (\text{Mrc} \cdot 3)$$

$$\text{Equação 23: ISL} = (\text{Mrg} - \text{Mrc}) \cdot 3 / \text{Ma (bs)} \times 100$$

$$\text{Equação 24: ISI} = (\text{Mrg} - \text{Mrc}) \cdot 3 / \text{Ma (bs)} \times 100$$

Em que: Mre = massa do resíduo de evaporação da amostra (g); Mrc = massa do resíduo de evaporação do controle (g); Ma = massa da amostra (g), base seca e Mrg = massa do resíduo de centrifugação (g)

A determinação do teor de fenóis totais presentes nas amostras de extrato etanólico das farinhas das cascas de abacaxi foi realizada por meio de espectrofotometria na região visível utilizando o método de Folin-Ciocalteu com modificações. A amostra (1g) foi dissolvida em etanol, até completar o volume em balão de 100 mL. Uma alíquota de 10 mL da solução foi diluída com etanol para 50 mL (diluição de 5 vezes). Uma alíquota de 7,5 mL desta solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL e completado o volume com etanol. Uma alíquota de 100 μ L desta solução foi agitada com 500 μ L do reagente Folin-Ciocalteu e 7,4 mL de água destilada por 1 minuto; passado este tempo, 2 mL de Na_2CO_3 a 15% foram adicionados à mistura e agitados por 30 segundos, completando 10 mL de solução. A solução ficou em repouso por 2 horas até a leitura, em triplicata que foi realizada em absorbância a 750 nm utilizando cubetas de vidro, tendo com “branco” o etanol e todos os reagentes, menos

a amostra. O teor de fenóis totais (FT) foi determinado pela curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (10 a 350 $\mu\text{g/mL}$) e expressos como mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por g de amostra. A equação de calibração do ácido gálico foi $Y = 1,718X - 0,037$, e Y é absorbância a 750 nm e X é a concentração do ácido gálico e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,996$.

A avaliação da atividade antioxidante da farinha da casca do abacaxi foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH segundo metodologia descrita por Sánchez-Moreno et al. (1998), com adaptações. As análises foram medidas em espectrofotômetro no comprimento de onda 515 nm em triplicata de cada diluição.

Para determinar a curva de calibração do DPPH, uma alíquota de DPPH em diferentes concentrações (10, 20, 30, 40, 50 e 60 μM) foi transferida para uma cubeta de vidro e realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 515 nm. Utilizou-se o metanol como branco para calibração do aparelho. Para calcular a equação da reta, plotou-se as concentrações de DPPH (μM) no eixo X e as respectivas concentrações no eixo Y. Converteu-se de μM para g de DPPH através da transformação: $\text{g DPPH} = (\mu\text{M DPPH} / 1000000) * 394,3$ (peso molecular DPPH). A equação da curva de calibração foi $Y = 0,022X + 0,030$ e o coeficiente de correlação $R^2 = 0,999$.

A partir do extrato bruto previamente diluído em metanol em três concentrações (25%, 50% e 100% v/v), uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição foi transferida para tubo de ensaio com 3,9 mL do reagente DPPH. As leituras foram realizadas após meia hora para estabilização da amostra sendo o equipamento previamente calibrado com metanol.

Para análise estrutural da farinha da casca foi realizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV) as amostras foram colocadas sobre stabs, recobertas com uma fina camada de ouro e micrografadas. A avaliação foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás. Foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura, Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

A análise estatística foi realizada através do *Software* SIGMAPLOT 12.0. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os modelos matemáticos foram ajustados por meio de análise de regressão não linear pelo método Gauss-Newton, utilizando programa estatístico Statistica 7.0. Determinações dos componentes analisados foram realizadas em triplicata. Os modelos foram selecionados considerando a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE), conforme equações 22 e 23. Considerou-se o valor do erro médio relativo

inferior a 10% como um dos critérios para seleção dos modelos, de acordo com Mohapatra e Rao (2005).

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (22)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (23)$$

em que: Y : valor observado experimentalmente; \hat{Y} : valor estimado pelo modelo;

N: número de observações experimentais; GLR: graus de liberdade do modelo (número de observações experimentais menos o número de coeficientes do modelo).

7.3 Resultados e Discussão

A Tabela 7 demonstra os valores para o R^2 , SE e P. Ao analisar o coeficiente de determinação (R^2), os parâmetros de erro médio estimado (SE) e erro médio relativo (P) nas temperaturas de 55 °C, 65 °C e 75°C, os modelos que melhor se adequaram a secagem foram Wang & Singh, Page e Midilli, respectivamente. O modelo que melhor se ajusta a secagem possui o maior valor de R^2 e menor valor de SE, sendo que o coeficiente de determinação é um critério essencial para determinar a qualidade do ajuste matemático selecionado (DEMIR et al., 2004).

Os valores de erro médio relativo (P) foram inferiores a 10% para a maioria dos ajustes matemáticos estudados e nas três temperaturas de secagem, sendo um parâmetro recomendado para a seleção do melhor ajuste e responsável por indicar o desvio dos valores observados considerando a curva estimada do modelo e, portanto, em valores maiores indica a secagem com menor qualidade segundo Kashani-Nejad et al., (2007).

Conforme Silva et al. (2015) o modelo de Midilli é o que melhor se ajusta a produtos agrícolas. Entretanto, Radünz et al. (2011) relataram que o ajuste ao modelo matemático depende de cada espécie vegetal sendo necessário estudos individuais e em várias temperaturas para confirmação. Alexandre et al. (2013) determinaram que o modelo matemático que obteve bons ajustes matemáticos para secagem de resíduo de abacaxi foi Page para temperaturas variando de 40 °C a 60 °C.

A Figura 9 ilustra a perda de umidade durante o processo de secagem da casca de abacaxi. Conforme esperado a temperatura foi o fator que mais influenciou na cinética de

secagem, sendo que as cascas de abacaxi secas a 55°C permaneceram em estufa até 25 horas para chegar ao equilíbrio, enquanto a secagem a 75°C alcançou este parâmetro em 11 horas.

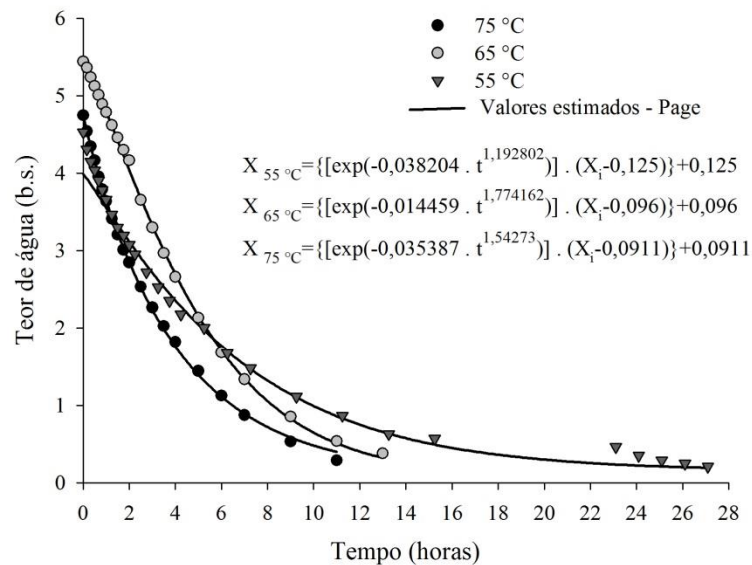


FIGURA 8 - Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo Page para a secagem das cascas de abacaxi nas diversas condições de temperatura.

Confirmando o que foi relatado por Doymaz (2011) a perda de umidade foi maior nas primeiras horas de secagem pela alta umidade da amostra. Após este período o teor de umidade decresce e a perda passa a se apresentar de maneira sucinta até se aproximar de zero nas últimas horas do processo. Park et al. (2007) defende que esse processo não possui uma taxa constante de secagem, pois em condições operacionais, a resistência a transferência de massa estão no interior da amostra e provoca uma taxa de perda de umidade maior na superfície do produto se comparada ao do interior do mesmo.

A Figura 10 (A) indica que a difusividade das cascas de abacaxi aumenta com o aumento da temperatura de secagem o que é esperado pela queda provocada na viscosidade da água. Araújo et al. (2014) salientaram que o aumento de temperatura provoca vibrações nas moléculas de água que contribui para uma taxa de difusão mais rápida e, conseqüentemente, taxa de secagem maior. É dito que o coeficiente de difusividade depende da temperatura, composição do material e mobilidade da água dentro do produto. Silva et al. (2015) relataram que os valores do coeficiente de difusão efetivo possuem ordem de $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ a $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para a secagem de produtos agrícolas.

TABELA 7 - Coeficientes de determinação (R^2 , %), erro médio relativo (P, %) e desvio padrão da estimativa (SE) para os modelos analisados, durante a secagem das cascas de abacaxi nas diversas condições de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Modelos	75 $^{\circ}\text{C}$			65 $^{\circ}\text{C}$			55 $^{\circ}\text{C}$		
	P	R^2	SE	P	R^2	SE	P	R^2	SE
Wang e Singh	0,66	99,96	0,0046	2,69	99,27	0,0195	5,84	99,23	0,0275
Verma	4,01	98,82	0,0261	2,24	99,47	0,0170	5,97	99,32	0,0262
Thompson	9,90	93,01	0,0617	9,95	89,85	0,0727	11,19	98,33	0,0404
Page	3,32	99,10	0,0222	0,79	99,91	0,0068	6,28	99,30	0,0262
Newton	9,90	93,01	0,0600	9,95	89,85	0,0708	11,19	98,33	0,0397
Midilli	0,99	99,89	0,0083	1,54	99,72	0,0127	5,75	99,33	0,0267
Logarítmo	0,71	99,96	0,0051	3,44	98,43	0,0294	5,70	99,23	0,0279
Henderson e Pabis	8,36	94,87	0,0528	7,94	93,58	0,0578	9,81	98,67	0,0360
Exponencial de dois termos	9,90	93,01	0,0617	9,95	89,85	0,0727	11,19	98,33	0,0404
Dois termos	0,68	99,96	0,0051	7,94	93,58	0,0611	9,81	98,67	0,0375
Aproximação da difusão	3,49	99,00	0,0240	2,24	99,47	0,0170	5,97	99,32	0,0262

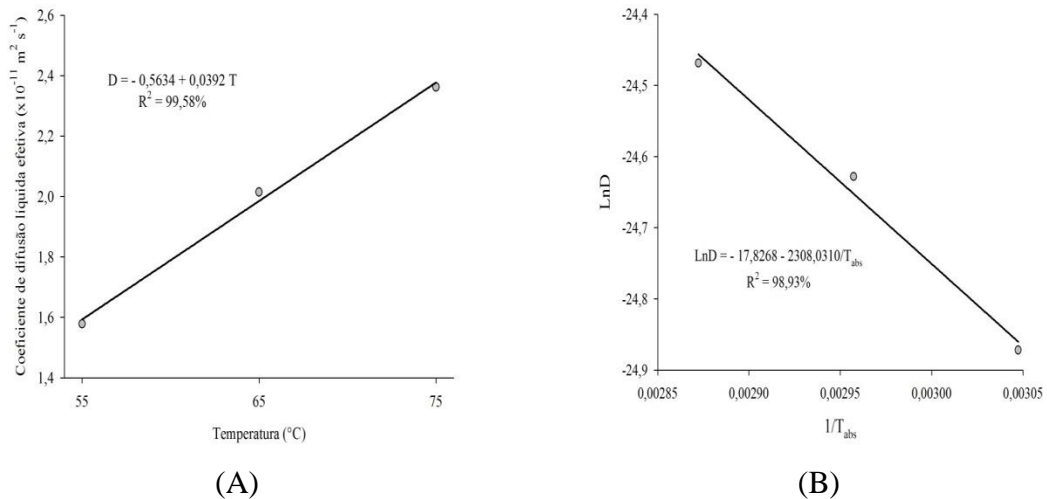


FIGURA 9 - Coeficiente de difusão efetivo (A) e a representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo (B) obtido para a secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 55, 65 e 75 $^{\circ}\text{C}$.

Na Figura 10 (B), estão representados os coeficientes de difusão e a dependência em relação à temperatura de secagem através da equação de Arrhenius. A inclinação da curva indica a relação E_a/R . Resende et al. (2007) e Costa et al. (2011) relataram que os valores de difusão efetivos aumentam linearmente com a elevação da temperatura e possuem relação com a equação de Arrhenius.

As informações a respeito da interação da água com os constituintes do produto em estudo e o seu comportamento durante a secagem podem ser descritos pelos parâmetros termodinâmicos demonstrados na Tabela 8. A variação de entalpia é um indicador da força de ligação entre a água e o sólido sendo um valor interessante para relacionar a quantidade de energia liberada na secagem e a pressão livre para executar um trabalho útil (ASCHELI et al., 2009). O aumento da temperatura de secagem provocou queda nos valores de entalpia, confirmando que em temperaturas maiores é necessária menor quantidade de energia para realização da secagem (OLIVEIRA et al., 2010).

TABELA 8 - Valores de entalpia (H, J mol⁻¹), entropia (S, J mol⁻¹ K⁻¹) e energia livre de Gibbs (G, J mol⁻¹) para diferentes condições de ar de secagem das cascas de abacaxi.

Temperatura (°C)	Propriedades termodinâmicas		
	H	S	G
55	16460,47	-221,75	89228,82
65	16377,33	-222,00	91447,60
75	16294,19	-222,25	93668,85

Segundo CORRÊA et al. (2011) o aumento da temperatura provoca queda nos valores da entropia do material pela queda no teor de umidade, durante a secagem, o que resulta em dificuldade na movimentação das moléculas de água que estão no interior das cascas de frutos. Os valores de entropia das cascas do abacaxi apresentaram-se de maneira negativa pela ocorrência de adsorção química e/ou modificação estrutural do adsorvente.

Durante a secagem há perda de umidade que resulta em processo não espontâneo confirmado pelos valores positivos analisados na energia livre de Gibbs. Essa grandeza é atribuída ao trabalho necessário, para deixar disponíveis, os locais de sorção. A positividade dos valores é característica da adição de energia durante o processo de secagem, relacionando a secagem das cascas do abacaxi a reação endergônica (CORRÊA et al., 2010).

Dados semelhantes aos determinados nesta pesquisa foram relatados por CORRÊA et al. (2010) e MARTINS et al. (2015), OLIVEIRA et al. (2015), em estudos sobre a secagem do morango, café cereja e folhas de timbó, respectivamente. Conforme OLIVEIRA et al. (2015) os valores das grandezas entalpia e entropia combinados com a não espontaneidade da reação ocorrem quando os valores destas são positivos ou negativos, sendo entalpia maior que entropia e quando a variação de entalpia é positiva e de entropia negativa, como para as cascas de abacaxi analisadas.

Valores médios de umidade de equilíbrio (Tabela 9). Tais dados foram obtidos em função da atividade de água e temperatura. Com o aumento da temperatura não houve aumento do teor de umidade, obtendo valores semelhantes entre si. OLIVEIRA et al. (2009) e BARBOSA et al. (2016) relataram que a umidade de equilíbrio diminuiu com a diminuição da atividade de água para a secagem da casca de abacaxi e aquênio do cajuzinho-do-cerrado, respectivamente, assim como ocorreu no presente trabalho.

TABELA 9 - Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s.) para as cascas de abacaxi obtidos pelo processo de dessorção, em função da temperatura (°C) e da atividade de água (decimal).

Atividade de água (decimal)	Temperatura (°C)			
	10	20	30	40
0,433	6,57	-	-	-
0,436	-	6,57	-	-
0,437	-	-	6,56	-
0,438	-	-	-	6,57
0,640	11,68	-	-	-
0,641	-	11,68	-	-
0,652	-	-	11,68	-
0,664	-	-	-	11,68
0,695	16,87	-	-	-
0,698	-	16,87	-	-
0,699	-	-	16,93	-
0,701	-	-	-	16,89
0,805	27,48	-	-	-
0,806	-	27,68	-	-
0,807	-	-	27,71	-
0,816	-	-	-	27,4
0,856	34,74	-	-	-
0,858	-	34,99	-	-
0,861	-	-	35,09	-
0,870	-	-	-	35,61

Os parâmetros higroscópicos dos modelos de equilíbrio, coeficiente de determinação (R^2), valores de erro médio relativo (P), erro médio estimado (SE) e teste do qui-quadrado (χ^2) para a casca de abacaxi estão representados na Tabela 10. Com exceção do modelo Chung-pfost, que apresentou valor 95,52% para o coeficiente de determinação, todos os demais modelos estimaram valores acima de 97% e se adequaram de maneira desejada a casca de abacaxi, sendo que o maior coeficiente foi determinado pelo modelo Sigma Copace, 99,31%. MADAMBA et al. (1996) verificaram que valores superiores a 95% indicam representação aceitável do fenômeno estudado.

O modelo de Oswin Modificado obteve o menor valor de erro médio relativo (5,65%) e o modelo Chung-pfost apresentou o valor mais alto (17,02%). No entanto, a maioria dos modelos analisados obteve representação aceitável conforme MOHAPATRA E RAO (2005) que descrevem que este parâmetro deve apresentar valores menores que 10% para a seleção do modelo adequado para o equilíbrio higroscópico.

Sigma Copace foi o modelo que apresentou o menor valor de erro médio estimado e teste do qui-quadrado indicando bom ajuste, assim como relatado por Günhan et al. (2005) em ajustes de modelos para equilíbrio higroscópico.

TABELA 10 - Parâmetros dos modelos de equilíbrio higroscópico para casca do abacaxi com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2 , %), erros médios relativo (P, %) e estimado (SE, decimal), *Qui*-quadrado (χ^2 , decimal) e coeficientes dos modelos ajustados (a, b e c)

Modelos	R^2	P	E	χ^2	Coeficientes		
	(%)		decimal		a	b	C
Chung-pfost	95,52	17,02	2,395	5,74	111,3275 ^{**}	17,2172 ^{**}	594,8187 ^{ns}
Copace	98,99	8,31	1,138	1,29	-0,3506 [*]	0,0015 ^{ns}	4,5792 ^{**}
GAB	98,95	7,57	1,159	1,34	16,2292 ^{ns}	0,4487 ^{ns}	0,8607 ^{**}
Halsey Modificado	98,44	7,74	1,412	2,00	1,9755 ^{**}	0,0024 ^{ns}	1,0649 ^{**}
Sabbah	97,56	13,04	1,768	3,13	61,6713 ^{**}	3,3522 ^{**}	0,0263 ^{**}
Sigma Copace	99,31	5,90	0,942	0,89	-1,5662 ^{**}	0,0017 ^{ns}	2,1865 ^{**}
Cavalcanti Mata	98,93	7,92	1,169	1,37	-0,1779 ^{**}	0,0221 ^{ns}	0,6560 ^{**}
Henderson Modificado	98,97	7,87	1,149	1,32	0,0002 ^{ns}	842,2550 ^{ns}	0,6555 ^{**}
Henderson	98,32	9,04	1,425	2,03	0,0006 ^{**}	0,6619 ^{**}	-
BET	97,05	13,09	1,887	3,56	51,8858 ^{**}	0,2040 ^{**}	-
Oswin Modificado	98,80	5,65	1,240	1,54	8,5371 ^{**}	-0,0171 ^{ns}	-1,2281 ^{**}
GAB Modificado	98,24	8,35	1,499	2,25	5,5907 ^{**}	0,9886 ^{**}	84,9559 [*]

** Significativo a 1 %; * Significativo a 5 % e ^{ns}Não Significativo pelo teste de t.

A análise dos coeficientes indicou que apenas os modelos Sabbah, Henderson, BET e GAB Modificado apresentaram valores significativos a 1 e 5% no teste t. Dessa maneira, pode-se afirmar que o modelo que melhor se ajusta ao equilíbrio higroscópico, quando analisado os coeficientes em conjunto com erro médio relativo e estimado, coeficiente de determinação e teste do qui-quadrado é o GAB Modificado. Tal modelo foi relatado como melhor ajuste por Hossain et al. (2001) para a casca do abacaxi.

As isotermas de dessecção da casca de abacaxi foram analisadas conforme o modelo Sigma Copace e estão representadas na Figura 11. Com o aumento do teor de umidade ocorre aumento da atividade de água a temperatura constante, sendo a dessecção classificada como do Tipo III, ou seja, indicando um comportamento exponencial, conforme descrito por Barbosa et al. (2016). Botelho (2012) descreve que o modelo possui limitações quando próximo de zero para estimar os teores de umidade. As curvas de isotermas se mostraram quase sobrepostas assim como o relatado por Oliveira et al. (2009) para a casca de abacaxi.

O aumento gradual do padrão de sorção, representado na Figura 11, é característico de frutos com teor significativo de açúcares, sendo que em baixa atividade de água o produto apresenta baixo teor de umidade, indicando que estes parâmetros são proporcionais. A proporcionalidade está relacionada ao fenômeno superficial dos biopolímeros e açúcares cristalinos que em alta atividade de água se diluem (DJENDOUBI MRAD et al., 2011). O mesmo comportamento foi relatado por Telis e Sobral (2001) em frutos de abacaxi.

O micronutriente potássio apresentou teores consideráveis, variando entre 12,7 e 16 g/kg, quando comparado ao nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio indicado na Tabela 11. Manganês, 229 e 314 mg/kg, indicou presença desejável entre os micronutrientes estudados. Gondim et al. (2005) e Taco (2011) relataram diferenças na composição das cascas de abacaxi e polpa de abacaxi, respectivamente.

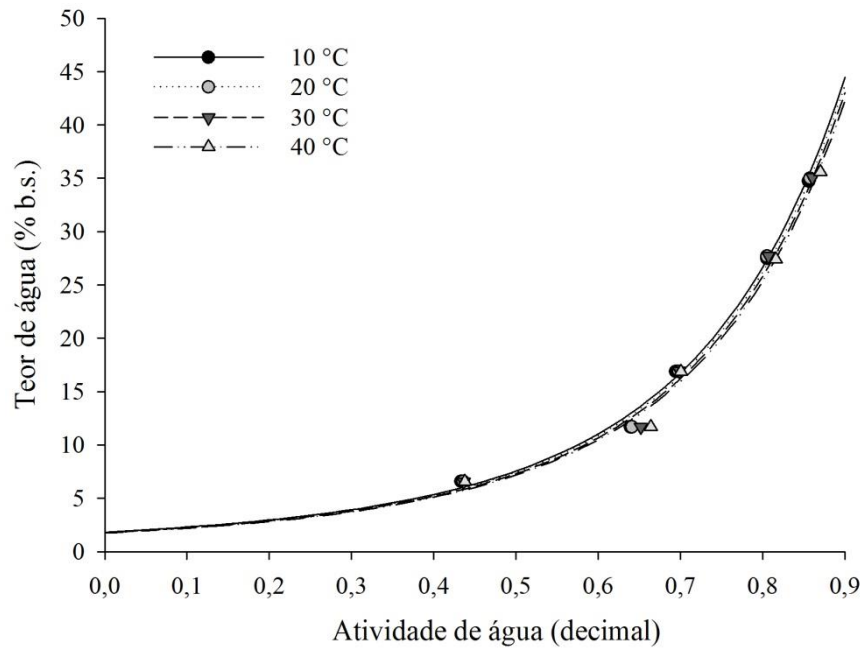


FIGURA 10 - Isotermas de dessorção de água para casca de abacaxi, estimadas pelo modelo de Sigma Copace, para diferentes condições de temperatura e atividades de água.

TABELA 11 - Valores descritivos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sulfato (S-SO₄), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), proteína e valor calórico da farinha da casca do abacaxi secas a temperatura de 55, 65 e 75°C.

Parâmetros	Tratamentos		
	Farinha de Abacaxi (55 °C)	Farinha de Abacaxi (65 °C)	Farinha de Abacaxi (75 °C)
N(g/kg)	1	1	1,1
P(g/kg)	1,4	1	0,9
K(g/kg)	16	13,5	12,7
Ca(g/kg)	5,5	3,2	3,3
Mg(g/kg)	1,1	0,7	0,8
S-SO ₄ (g/kg)	1,7	1,8	2
Fe (mg/kg)	34,5	76,6	30,7
Mn(mg/kg)	314	229	241,6
Cu(mg/kg)	5,7	4,9	6,2
Zn(mg/kg)	12,3	7,3	7,8
B(mg/kg)	ND	ND	ND
Proteína (g/100g)	6,38	6,38	7,02
Valor Calórico(cal/g)	3868	4052	4039

Souza et al. (2016) determinaram que o macronutriente potássio apresentou teores elevados em amostras de cascas de abacaxi, variando de 15 a 17 g/kg, semelhante ao determinado nesta pesquisa. Os autores relatam que o manganês, variando entre 24,56 e 63,92 mg/kg, foi o micronutriente com elevada concentração em cascas de abacaxi.

A proteína determinada na casca de abacaxi apresentou valor semelhante para a secagem na temperatura de 55 e 65°C, 6,38 g/100g, e 7,02 g/100g para secagem a 75°C, conforme demonstrado na Tabela 4. Não houve variações consideráveis no valor calórico das cascas de abacaxi em relação às diferentes condições de secagem. O conteúdo de açúcares redutores, não redutores e totais, não diferiram com temperaturas de secagem distintas (Tabela 12).

TABELA 12 - Valores de umidade (%), cinzas (%), compostos fenólicos (g EAG/100G), sequestro de radical livre (%), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%), açúcares totais (%), cor (L*, a* e b*), índice de solubilidade em água (ISA), índice de solubilidade em leite (ISL), índice de solubilidade em iogurte (ISI), índice de absorção em água (IAA), índice de absorção em leite (IAL) e índice de absorção em iogurte (IAI) da farinha da casca do abacaxi submetida a diferentes temperaturas de secagem.

Parâmetros	Temperatura (°C)			CV (%)
	55	65	75	
Umidade (%)	2,63 a	3,76 b	4,15 c	19,71
Cinzas (%)	61,79 a	50,86 b	61,25 a	21,60
Compostos Fenólicos (g EAG/100g)	283,96 a	290,12 a	289,47 a	21,08
Sequestro de Radical Livre (%)	85,61 a	85,50 a	86,05 a	2,70
Açúcares Redutores (%)	5,65 a	5,66 a	5,66 a	30,38
Açúcares Não-Redutores (%)	2,22 a	2,23 a	2,21 a	73,57
Açúcares Totais (%)	7,87 a	7,89 a	7,86 a	6,14
L*	49,66 a	39,59 b	30,91 c	0,02
a*	11,03 a	12,66 b	13,07 c	0,12
b*	27,06 a	25,84 b	20,61 c	0,10
ISA (g de gel/g de matéria seca)	0,43 a	0,24 a	0,43 a	75,46
ISL (g de gel/g de matéria seca)	1,20 b	1,17 b	4,17 a	7,36
ISI (g de gel/g de matéria seca)	0,05 c	0,07 a	0,06 b	2,37

IAA (g de gel/g de matéria seca)	4,18 a	4,61 a	3,99 a	9,46
IAL (g de gel/g de matéria seca)	5,73 a	4,52 a	5,06 a	10,50
IAI (g de gel/g de matéria seca)	37,33 a	29,45 a	24,14 a	20,10

Conforme Hemalatha & Anbuselvi (2013) o teor de açúcares redutores e não redutores em cascas de abacaxi “in natura” foram de 8,2 e 8,8 g/100g, respectivamente. Roda et al. (2013) analisaram que abacaxi apresenta diferenças significativas na quantidade de açúcares, principalmente, glicose quando colhidos em épocas distintas, tendo valor elevado em abacaxi no ponto de maturação.

Costa et al. (2007) relataram umidade de 9,92% para cascas de abacaxi, valor maior ao determinado, entre 2,63 e 4,15%. O aumento de umidade com a temperatura deve-se ao fato da secagem ser realizada de forma mais rápida, resultando menor retirada de água ligada do produto (Alexandre et al., 2013).

Os compostos fenólicos e sequestro de radical livre não apresentaram diferenças significativas nas amostras analisadas. Estes parâmetros apresentam variação de 290,12 e 283,96 mg/100g e 86,05 e 85,61%, respectivamente. Valores menores foram determinado por Oliveira et al. (2009), 9,1 mg/100g na quantificação de fenóis. No entanto, os teores de compostos fenólicos em frutos dependem de fatores como a maturação, a espécie, práticas de cultivo, processo de armazenamento, condições de colheita, processamento da amostra e reagente utilizado (SOARES et al., 2008).

As frutas foram classificadas em: forte atividade antioxidante, quando há sequestro de radicais livres acima de 70%, moderada atividade antioxidante com sequestro de radicais livres entre 50 e 70% e baixa atividade antioxidante em valores menores que 50% de sequestro de radicais livres. Portanto a farinha da casca de abacaxi produzida pode ser classificada com atividade antioxidante forte (MELO et al., 2008).

A análise dos componentes de cor L^* , a^* e b^* nas distintas temperaturas demonstrou diferença significativa, tendo L^* à variação de 30,91 e 49,66. A luminosidade das amostras foi menor com o aumento da temperatura contribuindo para o exposto por Ferreira e Pena (2010) que o escurecimento do produto combinado com a temperatura e presença de açúcares e proteínas favoreceram a ocorrência da reação de Maillard.

A coordenada de cromaticidade a^* variou entre 13,07 e 11,03 indicando que as amostras apresentaram pouca presença da coloração verde ou vermelha, já que a cor deste parâmetro varia de (-60) verde ao (+60) vermelho. A cromaticidade b^* representa a coloração

(-60) azul e (+60) amarelo. A casca da farinha do abacaxi obteve coloração para tendência amarela, sendo que variou de 27,06 e 20,61. A queda nos parâmetros de cor com o aumento da temperatura indica que houve maior perda de sólidos solúveis, água e pigmentos solúveis (ARAÚJO FILHO et al., 2011).

O índice de solubilidade da farinha da casca do abacaxi demonstrou que o produto sendo solubilizado em leite apresenta maior capacidade de formação de solução. A solubilidade em iogurte e água em proporção menor pode indicar a baixa presença de amido e sólidos solúveis na farinha analisada (LOUBES & TOLABA, 2014).

O índice de absorção em água, leite e iogurte não apresentou diferenças significativas para as três temperaturas de secagem da casca de farinha de abacaxi, tendo maior valor para absorção em iogurtes. Esse parâmetro contribui para que a farinha seja usada em produtos à base de leite e indica a capacidade de retenção da amostra pelo líquido a ser analisado dependendo da exposição de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos das moléculas. Silva et al. (2013) e Clemente et al. (2012) determinaram valores superiores aos índices de solubilidade e absorção em água para farinha de tapioca e farinha de resíduos de laranja pela presença de fibras que possuem a capacidade de formar gel com materiais líquidos, contribuindo, desse modo, para afirmar a baixa presença de fibras na farinha estudada (FAGAN et al., 2006).

A análise de microscopia eletrônica de varredura indica os tamanhos e formas das estruturas cristalinas e amorfas, inorgânicas e biológicas na farinha da casca de abacaxi, conforme demonstrado nas Figuras 12, 13 e 14. Houve degradação da parede celular e presença de inúmeras estruturas com tamanhos distintos. As estruturas granulares e em forma de lentilhas podem indicar a fração de amido e fração proteica, respectivamente (ROMAN-GUTIERREZ et al., 2002). A farinha da casca do abacaxi seca a 55°C demonstrou maior presença dessas partículas que pode contribuir para afirmar que a perda de água mais lenta durante a secagem provocou maior degradação da parede celular.

Com pouca presença de estruturas cilíndricas na farinha da casca do abacaxi seca em três temperaturas distintas não se pode apontar a presença de amido nas Figuras 12, 13 e 14, pois devido à temperatura de secagem da farinha esta estrutura pode ter sofrido gelatinização.

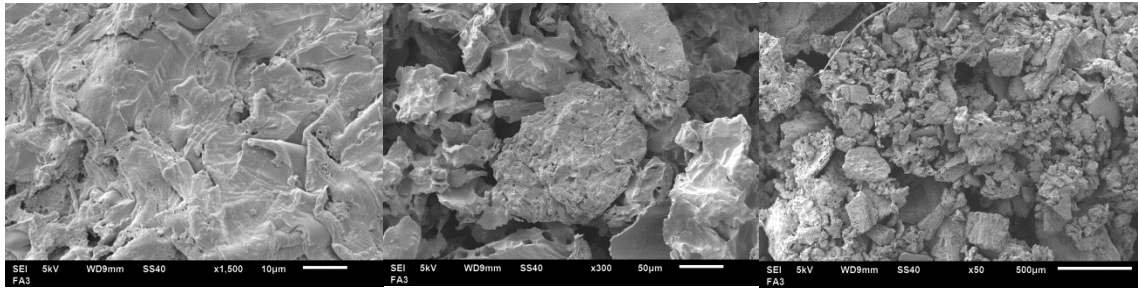


FIGURA 11 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 75°C.

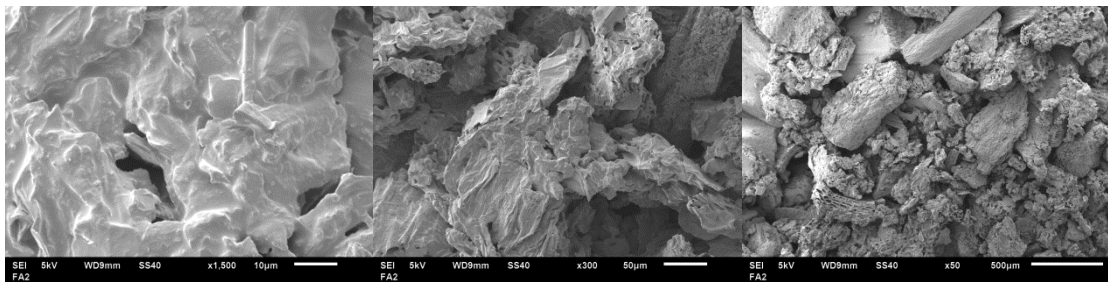


FIGURA 12 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 65°C.

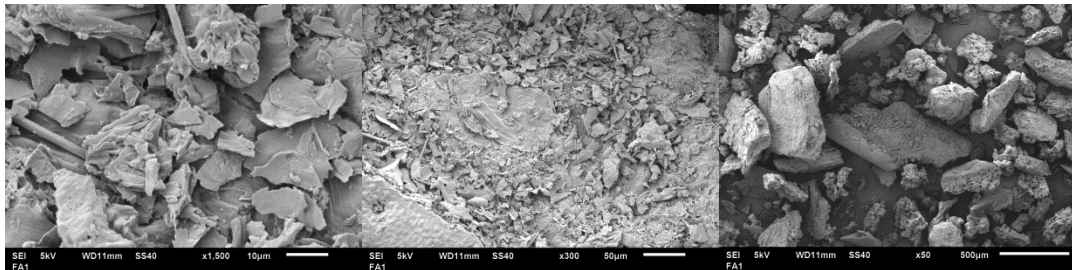


FIGURA 13 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha da casca do abacaxi seca a 55°C.

7.4 Conclusão

O melhor ajuste matemático para a secagem da farinha da casca de abacaxi nas temperaturas de 55, 65 e 75°C foi Wang e Singh, Page e Midilli, respectivamente. A curva de secagem indicou que o equilíbrio da umidade depende diretamente da temperatura do processo, sendo mais rápido em 75°C.

A difusividade efetiva das amostras comportou-se conforme o esperado, aumentando com a elevação da temperatura. Os valores termodinâmicos confirmaram que o processo de secagem das cascas de abacaxi ocorre através de reação endergônica e não espontânea.

O ajuste matemático para o equilíbrio higroscópico das cascas de abacaxi foi Sigma Copace. A caracterização da farinha da casca de abacaxi indicou concentrações elevadas de

potássio e manganês. A farinha possui alta capacidade antioxidante e forte presença de compostos fenólicos.

7.5 Referências Bibliográficas

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S. 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.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry, nº 925.09, 2000.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

ARAÚJO, W. D., GONELI, A. L. D., HARTMANN FILHO, C. P., MARTINS, E. A. S., GARCIA, R. T. Difusividade efetiva dos frutos de amendoim durante a secagem. **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**. 2014.

ASCHERI, D. P. R.; MOURA, W. S.; ASCHERI, J. L. R.; FREITAS JUNIOR, E. A. Propriedades termodinâmicas de adsorção de água do amido de rizomas do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 454-462, 2009.

BARBOSA, K. F.; SALES, J. F.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; ZUCHI, J.; SOUSA, K. A. Desorption isotherms and isosteric heat of ‘cajuzinho-do-cerrado’ achenes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.481-486, 2016.

BOTELHO, F. M. **Cinética de secagem, propriedades físicas e higroscópicas dos frutos e caracterização do processo de torrefação dos grãos de Coffea canephora**. 2012. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de Viçosa, Viçosa, 2012.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi ‘Smooth Cayenne’. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p.362-367, 2002.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L.; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 257-269, 2012.

CORDENUNSI, B.; SAURA-CALIXTO, F.; DIAZ-RUBIO, M. E.; ZULETA, A. TINÉ, M. A.; BUCKERIDGE, M. S.; SILVA, G. B.; CARPIO, C.; GIUNTINI, E. B.; MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. Carbohydrate composition of ripe pineapple (cv. perola) and the glycemic response in humans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 282-288, 2010.

CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; OLIVEIRA, G. H. H.; GONELI A.; RESENDE, O.; CAMPOS, S. C. Mathematical modeling of the drying process of coffee with air. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.4, p. 575-581, 2011.

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**, v. 57, p. 595-601, 2010.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Coeficiente de difusão efetivo para a secagem de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.

DEMIR, V.; GUNHAN, T.; YAGCIOGLU, A. K.; DEGIRMENCI OGLU, A. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. **Biosystems Engineering**, v. 88, n. 3, p. 325-335, 2004.

DJENDOUBI MRAD, N.; BONAZZI, C.; COURTOIS, F.; BOUDHRI OUA, M.; KECHAOU, N. Moisture desorption isotherms, isosteric heats of desorption and glass transition of fresh pear and apple: experimental and mathematical investigation. **European Drying Conference – EurpDrying’2011 Palma**. Balearic Island, Spain, 26-28 October 2011.

DOYMAZ, I. Drying of Thyme (*Thymus Vulgaris*) and Selection of a Suitable Thin-Layer Drying Model. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 4, p. 458-465, 2011.

ERBAY, Z., HEPBASLI, A. Application of conventional and advanced exergy analyses to evaluate the performance of a ground-source heat pump (GSHP) dryer used in food drying. **Energy Conversion and Management**, v. 78, n. 1, p. 499-507, 2014.

FAGAN, C. C.; O’DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J.; BRENNAN, C. S. The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. **Journal of Food Engineering**, v.77, n. 2, p. 261-268, 2006.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 15-28, 2010.

GONDIM, J. A. M., MOURA, M. F. V., DANTAS, A. S., MEDEIROS, R. L. S., SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GÜN HAN, T.; DEMIR, V.; HANCI OGLU, E.; HEPBASLI, A. Mathematical modelling of drying of bay leaves. **Energy Conversion and Management**, v. 46, n. 11-12, p. 1667-1679, 2005.

HEMALATHA, R.; ANBUSELVI, S. Physicochemical constituents of pineapple pulp and waste. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 5, n. 2, p. 240-242, 2013.

HOSSAIN, M. D.; BALA, B. K.; HOSSAIN, M. A.; MONDOL, M. R. A. Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple. **Journal of Food Engineering**, v. 48, n. 2, p. 103 – 107, 2001.

JIDEANI, V. A.; MPOTOKWANA, S. M. Modeling of water absorption of botswana bambara varieties using Peleg's equation. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 2, p.182-188, 2009.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

LEE, C.; PARK, J.; KIM, B.; KIM, S.; RO, H. Determination of mineral components in the cultivation substrates of edible mushrooms and their uptake into fruiting bodies. **Mycobiology**, v. 37, n. 2, p. 109-113, 2009.

LOUBES, M. A.; TOLABA, M. P. Thermo-mechanical rice flour modification by planetary ball milling. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 320 – 328, 2014.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKELE, K. A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, n. 1, p.75-97, 1996.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Comunicado Técnico Embrapa agroindústria tropical, 2013.

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 (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015.

MELO, E. A., MACIEL M. I. S., LIMA, V. A. G. L. & NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n. 4, p.513-518, 2005.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, D. B.; PESSANHA, N. N. C.; BERNARDES, N. R.; SILVA, W. D.; MUZITANO, M. F.; OLIVEIRA, D. R. Extrato dos frutos de *Cereus Fernambucensis*: Atividade Antioxidante e Inibição da Produção de Óxido Nítrico (NO) por Macrófagos. **Interscienceplace**, v. 1, n. 07, 2009.

- OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 314-321, 2015.
- OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; ARAÚJO, E. F.; VALENTE, D. S. M.; BOTELHO, F. M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 546-554, 2010.
- OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, M. E. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, F. L. H. Estudo do equilíbrio higroscópico da casca de abacaxi. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, n.3, p.63-66, 2009.
- PARK, K. J., ANTONIO, G. C., OLIVEIRA, R. A., PARK, K. J. B. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. **CTEA. UNICAMP**, Campinas, SP. 121p. 2007.
- RADÜNZ, L. L.; AMARAL, A. S.; MOSSI, A. J.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P. Avaliação da cinética de secagem de carqueja. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 1, p.19-27, 2011.
- RAMALLO, L.A.; MASCHERONI, R.H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 2, p. 275-283, 2012.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; JAREN, C.; MOURE, A. J. Bean moisture diffusivity and drying kinetics: a comparison of the liquid diffusion model when taking into account and neglecting grain shrinkage. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 05, n. 1, p. 51-58, 2007.
- ROMAN-GUTIERREZ, A. D.; GUILBERT, S.; CUQ, B. Microstructural changes in wheat flour and flour components during hydration by using environmental scanning electron microscopy. **Lebensmittel Wissenschaft & Technologie**, v. 35, n. 8, p. 730 – 740, 2002.
- SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, n. 3, p. 121-137, 2002.
- 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**, v. 17, n. 4, p. 953-963, 2015.
- SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 185-191, 2013.
- SOARES, M.; WELTER, L.; GONZAGA, L.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagoço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 727-732, 2008.
- SOUZA, R. A. T.; FONSECA, T. R. B.; KIRSCH, L. S.; SILVA, L. S. C.; ALECRIM, M. M.; FILHO, R. F. C.; TEIXEIRA, M. F. S. Nutritional composition of bioproducts generated from semi-solid fermentation of pineapple peel by edible mushrooms. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 12, p. 451-457, 2016.

TACO – Tabela brasileira de composição de alimentos. NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação – UNICAMP.- 4. ed. - Campinas: NEPAUNICAMP, 161 p. 2011.

TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A. Glass transitions and state diagram for freeze dried pineapple. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p. 199–205, 2001.

TORREZ IRIGOYEN, R. M., GINER, S. A. Drying-toasting kinetics of presoaked soybean in fluidised bed. Experimental study and mathematical modelling with analytical solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 128, n. 1, p. 31-39, 2014.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou enfatizar a reutilização de cascas de frutos para incrementos em novos produtos. A farinha produzida a partir da casca da jabuticaba demonstrou potencial nutricional para reaproveitamento.

Desse modo, a elaboração da bebida láctea pode ser realizada de maneira simples. Este novo produto indicou potencial para ser comercializado. Obteve resultados relevantes quanto aos nutrientes, composição físico-química e condições microbiológicas. Entretanto, estudos com concentrações diferenciadas de polpa de abacaxi e farinha da casca de jabuticaba a serem adicionadas durante o processamento da bebida láctea poderão contribuir para melhorar a textura do produto durante o armazenamento.

A secagem das cascas de abacaxi foi realizada de maneira eficiente, evidenciando os resultados satisfatórios determinados pela cinética de secagem, modelagem matemática e isotermas de sorção. Pode-se inferir, também, que os nutrientes e a estrutura da farinha da casca do abacaxi demonstraram grande potencial para a reutilização deste resíduo em novos produtos ou enriquecimento de produtos já comercializados.