

ALFREDO CARLOS FERNANDEZ QUINTERO

**DESIDRATAÇÃO DE ABACAXI: MODELOS DE SECAGEM, AVALIAÇÃO
DE QUALIDADE E EFEITO DE EMBALAGEM**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

ALFREDO CARLOS FERNANDEZ QUINTERO

**DESIDRATAÇÃO DE ABACAXI: MODELOS DE SECAGEM, AVALIAÇÃO
DE QUALIDADE E EFEITO DE EMBALAGEM**

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

APROVADA: 29 de junho de 2007.

Prof.^a. Nilda de Fátima Ferreira Soares
(Co-Orientadora)

Prof. José Antonio Marques Pereira
(Co-Orientador)

Prof. Paulo César Stringheta

Prof.^a. Edimar Aparecida Filomeno Fontes

Prof. Afonso Mota Ramos
(Orientador)

...nos queda mucho tiempo para pensar, sin que ninguno nos impida, donde carajo estaba la verdad en aquel pantano de verdades contradictorias que parecían menos ciertas que si ellas fuesen mentiras...

Gabriel García Márquez (El Otoño del Patriarca)

Eu Sou... O Que Sou

Com meu amor e carinho

A **Maria Liliana, Steffy e Dalila**

Ao meu **Pai e Astrid** (in memóiriam)

A minha **Mãe e Irmãos**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela acolhida.

À Universidade de Sucre, por permitir viver esta experiência.

Ao Professor Afonso Mota Ramos e maravilhosa família. Um bom orientador e extraordinário maestro.

Por sua paciência... ao tolerar minhas manias. Por sua esforçada tolerância... ao permitir minhas “genialidades” e “pontualidades”. Por sua sabedoria da vida... nos tempos claros e escuros. Por toda sua orientação... nesta etapa de vida. Mas, sobretudo... por sua generosa e calorosa amizade.

Aos professores Joaquin Patarroyo, Marlene Vargas e família. Por seu amor, sua compreensão, sua bondade e seu apoio. Com sua vida e trabalho, fizera-me amar mais a este país e com sua alegria, lembrar-me do meu.

Ao Omar Andrés Pérez Sierra e família, amigo que sempre está no bom e no ruim. Por sua culpa eu desfrutei desta maravilhosa aventura.

Ao Igor Prezzotti, maluco genial, e incrível amigo, por sua tolerância. Por seu pouco esforço para entender meu “porto-nhol”. Por sua dinâmica e por compartilhei os muitos momentos de pouca lucidez. Obrigado por sua “sensata” e belíssima família.

A Wesly, Nivio e Roxana por sua luz, bênção paz e amizade.

À genial Professora Nilda Ferreira, pela compressão, ternura, apoio e estima.

Ao extraordinário Professor José Antonio Marques fonte de sabedoria, pelo seu ensino, seu tempo e paciência, e por suportar minhas inquietudes neste trabalho.

Ao Professor Paulo César Stringheta, minha admiração e orgulho al ficar como jurado de minha defesa.

À Professora Edimar Filomeno, pela compressão e disponibilidade para ficar como jurado de minha defesa.

Ao Professor Nélcio Andrade, ex-coordenador do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, bom chefe e inestimável maestro.

À professora Mônica Ribeiro, por seus conhecimentos, e sua contagiante alegria.

A meus Professores Valeria Rodriguez, José Carlos Gomes, Luis Minim, Jane Coimbra, Evandro Melo e Verônica pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Fabiano Fonseca, pela sua desinteressada disposição ao colaborar em o trabalho.

Ao Professor Justo Fuentes da Universidade de Sucre, por sua disposição e tempo ao colaborar em as correções deste trabalho.

Aos excelentes trabalhadores da Planta Piloto de Processamento de Frutas e Hortaliças do DTA: José Geraldo, José Raimundo, e Luiz, por todo o bom tempo de trabalho e alegria que compartilhe com eles, pela sua colaboração, paciência e calorosa amizade.

Aos bons e recordados trabalhadores do Laboratório de Secagem e Pigmentos Naturais do DTA, Dona Ligia e Valério, pelo seu tempo, compreensão e por brindar-me sua amizade.

Ao companheiro, e inestimável amigo, professor doutorando Marcos Vinicius pela maluca amizade.

Ao funcionário Fernando do Laboratório de embalagem, por sua magnífica colaboração, amizade e “seriedade”.

Ao funcionário Divino de Laboratório de cereais e tubérculos, por sua boa amizade, e permitir em muitos tempos de briga, degustar o café do Laboratório, que tem sabor, aroma e calor de casa.

Aos funcionários do DTA: Juarez, Adão, Nivaldo e Jose Tomaz ”perereca”, sempre dispostos a colaborar e brindar-me sua amizade.

Ao funcionário Phi, do Laboratório de Análise Sensorial por sua colaboração.

Ao funcionário do Laboratório de Análise de Alimentos e estudante de Engenharia Alimentos, Tiago, por sua colaboração e os bons momentos de amizade.

A minha turma de Frutas e hortaliças: Doutores Paulo e Selene, Doutorandos: Luciano, Erica, Mirella e especialmente a Aurélia, por sua colaboração, seus conselhos e amizade, e com quem compartilhem muitos, pelo muitos bons momentos.

Às estagiarias Camila e Lílían, da Planta de Frutas por sua amizade.

Às secretarias Geralda e Eliane, da Pós-graduação e do Departamento de Tecnologia de Alimentos respectivamente, por sua colaboração de sempre ao longo de minha estadia,

Ao Doutorando em Fitotecnia, Marcelo Freire, por sua longa paciência e tempo para lutar com minha ignorância.

Aos estudantes de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rita e Leo, por seu tempo, colaboração e amizade.

À turma do Laboratório de Processos de Separação, “meus bons amigos”: Sergio, Oscar, Regina, César, Bruno, Renata, Ronney, Marcelo, Erica, Isabella, Giselle, e companhia, a pesar de ser muito “chatos” al tolerar-me,...desfrute muito de sua amizade.

A Euriel Millán, parceiro de aventuras e companheiro de sempre.

À minha turma maluca de todos os colombianos, (incluindo a Claudia), muitos são eles, e muitos espaços ocupariam, mas obrigado a todos por seu apoio e tempos do colombianidade.

A Milton, Roxy e filhos, meus irmãos bolivianos, por sua atenção, sua preocupação apoio e amizade.

... E especialmente a Mariana Machado, estudante de Engenharia de Alimentos pela companhia e colaboração no trabalho.

BIOGRAFIA

Alfredo Carlos Fernandez Quintero, filho de Alfonso Fernandez Rodriguez e Dalila Quintero Uribarren, nasceu em Buga, Colômbia , no dia 21 de novembro de 1951.

Engenheiro Pesqueiro pela Universidade Nacional Federico Villarreal em Lima, Peru.

Especialista em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade do Magdalena em Santa Marta, Colômbia.

Professor do Departamento de Engenharia da Universidade de Sucre, da cidade de Sincelejo, Colômbia, desde a década dos 80.

Ingresso em Fevereiro de 2005 no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa. Brasil.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIV
RESUMO.....	XVI
ABSTRACT.....	XVIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. MATÉRIA PRIMA.....	4
2.2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ABACAXI.....	6
2.2.1. Teor de água.....	6
2.2.2. Carboidratos.....	7
2.2.3. pH e acidez total titulável.....	7
2.2.4. Enzimas.....	8
2.2.5. Vitaminas e Carotenóides.....	8
2.2.6. Dureza.....	9
2.2.7. Cor.....	10
2.2.8. Atividade de Água.....	11
2.3. SECAGEM.....	12
2.3.1. Curvas de Secagem.....	14
2.3.3. Teoria e Equações de Secagem.....	16
2.4. EMBALAGEM.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	22
3.2. EQUIPAMENTO UTILIZADO NO EXPERIMENTO.....	22
3.3.1. Matéria-Prima.....	23
3.3.2. Seleção.....	24
3.3.3. Lavagem.....	24
3.3.4. Preparo.....	24
3.3.5. Pré-tratamento.....	24
3.3.6. Secagem.....	25
3.3.7. Embalagem.....	25
3.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	26
3.4.1. Teor de Água.....	26

3.4.2. Acidez total titulável (ATT).....	27
3.4.3. Teor de sólidos solúveis totais (SST).....	27
3.4.4. pH.....	27
3.4.5. Teor de carotenóides	27
3.4.6. Relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável : (Ratio):	28
3.4.7. Dureza	28
3.4.8. Análises de cor	29
3.4.9. Atividade de água (Aw)	29
3.5. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	29
3.5.1. Coliformes totais	29
3.5.2. Fungos Filamentosos e leveduras (contagem padrão em placa da Petri).....	30
3.6. ANÁLISE SENSORIAL	30
3.7. CURVAS DE SECAGEM	31
3.7.1. Modelos de Secagem para camada delgada.....	32
3.8. Planejamento experimental para avaliação de embalagens.	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI “ <i>IN NATURA</i> ” E ABACAXI DESIDRATADO	37
AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ABACAXI “ <i>IN NATURA</i> ” E ABACAXI DESIDRATADO SÃO MOSTRADAS NA TABELA 1.....	37
4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PRODUTO DESIDRATADO DURANTE ARMAZENAGEM.....	41
4.2.3. Avaliação microbiológica durante o armazenamento	55
4.2.4. Avaliação sensorial	56
4.3. CURVAS DE SECAGEM	60
4.3.1. Modelo de Lewis.....	61
4.3.2. Modelo de Page.....	63
4.3.3. Modelo de Henderson e Pabis.....	65
4.3.4. Modelo de dois termos.....	66
4.3.5. Comparações entre os modelos ajustados.....	69
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Composição química do abacaxi maduro “ <i>in natura</i> ”.....	5 - 6
2. Atividade de água e crescimento microbiano.....	11
3. Propriedades e usos mais importantes dos polímeros em contato com alimentos.....	21
4. Embalagens utilizadas no armazenamento do abacaxi desidratado.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Corte transversal de polpa de abacaxi variedade Perola.....	10
2. Cor de casca de abacaxi variedade Perola, de acordo com o grau de maturação.....	10
3. Secador utilizado no experimento de desidratação de abacaxi.....	22
4. Fluxograma da desidratação do abacaxi utilizada no experimento.....	23
5. Ficha de respostas para o teste de aceitação.....	30
6. Secador utilizado no experimento pela obtenção das curvas de secagem.	32
7. Fatias de abacaxi imersas em solução de bissulfito de sódio.....	39
8. Fatias de abacaxi antes de secagem.....	40
9. Fatias de abacaxi acondicionadas em quatro tipos de embalagens.....	40
10. Variação do teor de umidade do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	42
11. Variação do teor de acidez total titulável (% ácido cítrico) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	43
12. Variação do teor de sólidos solúveis (° Brix) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	45
13. Variação do <i>Ratio</i> (SST/ATT) do abacaxi desidratado a 60 °C e	

	embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	46
14.	Variação dos carotenóides totais (mg/100g polpa) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	47
15.	Variação do pH do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	48
16.	Variação da dureza medida em força (N) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	49
17.	Variação da coordenada L* (luminosidade) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	50
18.	Variação de coordenada a* (intensidade de vermelho) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	52
19.	Variação de coordenada b* (intensidade de vermelho) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PDVT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.....	53
20.	Valores percentuais das notas obtidas da análise sensorial para o tempo zero.....	57
21.	Médias dos valores do atributo dureza durante os tempos de Armazenamento.....	58
22.	Médias dos valores do atributo cor durante os tempos de armazenamento.....	59
23.	Médias dos valores do atributo sabor durante os tempos de armazenamento.....	59
24.	Médias dos valores do atributo impressão global durante os tempos de	

	armazenamento.....	60
25.	Curvas de secagem de abacaxi.....	61
26.	Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Lewis para diferentes temperaturas.....	63
27.	Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Page para diferentes temperaturas.....	64
28.	Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Henderson e Pabis para diferentes temperaturas.....	66
29.	Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de dois termos em diferentes temperaturas.....	68
30.	Curvas de secagens experimentais e estimadas pelo modelo de dois termos com os parâmetros variando linearmente com a temperatura.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Composição físico-química do abacaxi “ <i>in natura</i> ” e abacaxi desidratado.....	37
2. Resumo da análise de variância para as variáveis físico-químicas de abacaxi desidratado.....	41
3. Resumo da análise de variância do atributo dureza, do abacaxi desidratado.....	41
4. Equações de regressão dos atributos físico-químicos de abacaxi desidratado afetados pelo tempo de armazenagem.....	42
5. Resumo da análise de variância das coordenadas L*, a* e b* do atributo cor do abacaxi desidratado.....	44
6. Equações de regressão para as coordenadas cor de abacaxi desidratado.....	51
7. Valores médios dos atributos teor de umidade, carotenóides, textura, coordenada a* e atividade de água de abacaxi desidratado armazenados em quatro tipos de embalagens.....	54
8. Médias das análises de coliformes totais e fungos filamentosos e leveduras do abacaxi desidratado nos tempos zero, 15, 30, 60 e 75 dias de armazenamento.....	56
9. Resumo da análise de variância, da análise sensorial dos atributos dureza, cor, sabor e impressão global de abacaxi desidratado acondicionado em diferentes tipos de embalagens durante seu período de armazenamento.....	57
10. Média das notas obtidas pelos testes sensoriais para os atributos dureza, cor, sabor e impressão global de abacaxi embalado em quatro tipos de embalagens (PT-polietileno transparente; PA-polietileno com folha de alumínio; PVDT-policloreto de vinilideno transparente a vácuo e PVDA-policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio).....	58

11.	Valores de K_0 , QMR e R^2 obtidos para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Lewis.....	62
12.	Valores de K_i , n , QMR e R^2 obtidos para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Page.....	63
13.	Valores de A_0 , K_0 , QMR e R^2 para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Henderson e Pabis.....	65
14.	Valores de A_0 , K_0 , K_1 , QMR e R^2 obtidos para uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de dois termos.....	67
15.	Comparação entre os modelos em cada uma das temperaturas de acordo ao coeficiente de determinação R^2 e o quadrado médio do resíduo QMR para secagem de abacaxi.....	70

RESUMO

FERNANDEZ QUINTERO, Alfredo Carlos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2007. **Desidratação de abacaxi: modelos de secagem, avaliação de qualidade e efeito de embalagem.** Orientador: Afonso Mota Ramos. Co-Orientadores: Nilda de Fátima Ferreira Soares e José Antonio Marques Pereira.

O presente trabalho foi desenvolvido para caracterizar as propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais envolvidos na desidratação do abacaxi armazenados em quatro diferentes tipos de embalagem. Primeiramente se caracterizou a matéria prima, e realizou-se a desidratação de fatias de abacaxi, variedade perola utilizando-se a temperatura de secagem a 60 °C para obter um produto estável de teor de umidade intermediária de 20 - 25 % base úmida. Avaliaram-se os efeitos de quatro embalagens: PT (polietileno transparente), PA (polietileno com folha de alumínio), PVDT (policloreto de vinilideno transparente sob vácuo) e PVDA (policloreto de vinilideno com folha de alumínio, sob vácuo) sobre as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de abacaxi desidratado, e armazenado à temperatura ambiente (23 ± 2 °C) e sob luz natural. Observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) nos atributos umidade, acidez titulável, sólidos solúveis, *ratio* (relação sólidos solúveis/ acidez titulável), dureza e coordenadas de cor, para a variável tempo de armazenagem e diferença significativa ($p < 0,05$) dos atributos umidade, carotenóides, atividade de água, dureza e as coordenadas de cor a^* e b^* para as embalagens. A perda de umidade sofreu um pequeno aumento nas embalagens de policloreto de vinilideno a vácuo. A atividade de água manteve-se dentro da faixa adequada de frutas desidratadas e diferiu entre as embalagens. As alterações nas coordenadas L^* , a^* , e b^* demonstraram alterações na cor e no teor de carotenóides. O comportamento da degradação de carotenóides diferiu para as quatro embalagens utilizadas. O produto desidratado apresentou baixa contagem para fungos filamentosos e leveduras e coliformes fecais, indicando boas condições de processamento durante os 75

dias de armazenamento. Realizou-se, também, a desidratação de rodela de abacaxi considerando cinco níveis de temperatura (40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C e 80 °C) para ajustar quatro modelos (Lewis, Henderson e Pabis, Page e de dois termos) aos dados experimentais obtidos durante a secagem. Os quatro modelos se ajustaram bem aos dados experimentais, e podem ser utilizados para estimar a secagem de abacaxi.

ABSTRACT

FERNANDEZ QUINTERO, Alfredo Carlos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2007. **Pineapple dehydration: drying models, quality evaluation and packing effect.** Advisor: Afonso Mota Ramos. Co-Advisers: Nilda de Fátima Ferreira Soares and José Antonio Marques Pereira.

The present work was developed to characterize the physiochemical, microbiologic and sensorial properties involved in the dehydration of the pineapple stored in four different packing types. Firstly, the raw material was characterized followed by the dehydration of pineapple slices at temperature of 60 °C, using the cultivar “Perola” to get dried material at average of 23 % of humidity. The effects of four different packing types were evaluated: PT (transparent polyethylene), PA (polyethylene with leaf of aluminum), PVDT (transparent polychlorete of vinylidene with vacuum) and PVDA (polychlorete of vinylidene with leaf of aluminum, with vacuum) on the characteristics physiochemical, microbiologic and sensorial characteristics of dehydrated pineapple, stored at room temperature (23 ± 2 °C) and under natural light. It was observed significant differences in the humidity, acidity, soluble solids, ratio, hardness and color coordinates, in relation with the storage and significant differences ($P < 0,05$) among the humidity, carotenoids, water activity, hardness and color coordinates the a^* and b^* with regard to the packings types ($P < 0,05$). The humidity loss was smallest in the polychlorete of vinylidene packing at vacuum. The water activity, inside of the appropriate strip of dehydrated fruits stayed in average range. The color was altered as was verified by the coordinates L^* , a^* , and b^* and carotenoids. The carotenoids degradation differed for the four packings types. The dehydrated product presented low filamentous fungi and yeasts and fecal coliformes counting, indicating good manipulation conditions during the 75 days of storage. Additionally, was evaluated the dehydration of pineapple slices considering five

temperature levels (40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C and 80 °C) to adjust four models (Lewis, Henderson and Pabis, Page and of two terms) to the experimental data obtained during the drying. The four models were adjusted well to the experimental data, and they can be used to predict the pineapple

consumidor e as características de qualidade devem ser mantidas. Estas características de qualidade podem ser avaliadas pelos atributos sensoriais (cor, aroma, sabor e textura), pela aparência, carga microbiana, pela absorção de componentes da embalagem e valor nutricional (SARANTOPOULOS *et al.*, 2001).

Em virtude do elevado teor de umidade, geralmente acima de 80 %, as frutas e hortaliças são altamente perecíveis. Perdas estimadas em 40 % e 50 % da produção podem ocorrer nos países em desenvolvimento, nas regiões tropicais e subtropicais, em razão das condições inadequadas de estocagem (JAYARAMAN e DAS GUPTA, 1992).

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água se apresenta afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada, devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, bem como, a composição química dos diversos solutos incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas.

Quando um material biológico é exposto a certa umidade, ele perde ou ganha água para ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente. Isto ocorre quando a pressão de vapor da água na superfície do material se iguala à pressão de vapor da água do ar que o envolve (TREYBALL, 1988).

Atualmente a indústria de alimentos desidratados constitui um setor muito importante dentro da indústria alimentícia estendida pelo mundo. O tamanho das instalações varia desde muito simples secadores solares até grandes e sofisticadas instalações de secagem.

Tendo em vista a importância do conhecimento dos parâmetros de secagem para a obtenção de um produto de boa qualidade o presente projeto objetiva avaliar esses parâmetros para abacaxi.

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Caracterizar o abacaxi “in natura” e desidratado a 60 °C através de análises físico-químicas (teor de umidade, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis e acidez titulável, carotenóides totais, textura, coordenadas de cor (L^* , a^* e b^*), e atividade de água, e análises microbiológicas.
- Avaliar o tempo de vida útil das fatias de abacaxi desidratado, por meio de análises microbiológicas, de coliformes totais e fecais, fungos filamentosos e leveduras;
- Avaliar a qualidade sensorial das fatias de abacaxi desidratado, durante o armazenamento por meio de análise de cor, sabor e textura;

- Avaliar a influência de quatro tipos de embalagem na conservação de abacaxi desidratado;
- Ajustar modelos empíricos de secagem dos dados experimentais de secagem de abacaxi em cinco níveis de temperatura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Matéria Prima

O abacaxizeiro *Ananas comosus* (L) Merrill é uma planta monocotiledônea perene, pertencente à família Bromeliaceae.

O abacaxi é considerado um dos frutos mais importantes, e seu cultivo vêm se expandindo no mundo, principalmente pelo seu sabor, aroma, cor e características físico-químicas.

É um fruto composto do tipo sorose, formado de 100 a 200 frutos simples do tipo baga, inseridos sobre uma haste central, em disposição espiralada e intimamente soldados entre si. Apresenta cerca de 50 gêneros e 1700 espécies (SANTOS, 2002). A taxonomia do gênero *Ananás* engloba cinco grupos varietais: Cayene, Queen, Spanish, Perola e Mordilonus-Perolera-Maipure (GONÇALVES, 1998).

A fruta é cilíndrica com bagas planas de 2,5 centímetros de diâmetro; peso da fruta é de 2,5 quilogramas em média, embora varie de acordo com a densidade de plantação usada e a manipulação do cultivo. A polpa é de cor pálida para amarelo dourado, com uma média contendo de 13 % de sólidos solúveis e 0,6 % de ácido cítrico que o confere um sabor universalmente apreciado, próprio para o consumo tanto “in natura” como em conserva (ABACAXI ON LINE, 2006),

No cenário agrícola mundial de frutas, a cultura do abacaxi tem elevada demanda e alta rentabilidade (SANTOS, 2002). É o segundo cultivo tropical de importância mundial, depois de banana, representando cerca de 20 % do volume mundial de frutas tropicais. Setenta por cento do abacaxi consumido no mundo é na forma “in natura” (COVECA, 2002).

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais, graças às suas condições de solo e de clima diversificados. Na produção mundial de frutas ocupa a

terceira posição, precedida da China e da Índia. A participação brasileira na produção mundial de abacaxi é aproximadamente de 13 % (SANTIAGO e ROCHA, 2001).

Tailândia, Filipinas, Brasil e China são os principais produtores de abacaxi com aproximadamente 50 % da produção mundial (FAO, 2004). O Brasil é o maior produtor da América do Sul; produziu cerca de 1 600 000 toneladas do fruto (IBGE, 2006).

A principal variedade cultivada comercialmente no Brasil é a Perola. A variedade Perola ou Pernambuco caracteriza-se por apresentar frutos com peso variando de 1,3 kg a 1,8 kg, com formato cônico e polpa de coloração amarelo-clara, doce e pouco ácida. Apresenta como desvantagem o fato dos frutos não terem aparência e amadurecimento uniformes (SANTOS, 2002).

Entre os principais estados produtores encontra-se o Pará (21,97%), Minas Gerais (15,28%), Rio Grande do Norte (7,57%) (ABACAXI ON LINE, 2005). No Brasil, mais de 90% da produção é consumida *in natura*, com perdas de 10 % a 15 %, de uma produção de 2,8 milhões toneladas, a qual se tem mantido estável nos últimos anos (AGRIANUAL, 2001).

O abacaxi apresenta grande variação na sua composição química, de acordo com a época em que é produzida. Seu valor nutricional depende, principalmente, dos açúcares solúveis, das vitaminas e dos minerais que estão contidos na mesma (BLEINROTH, 1996). A acidez é uma das características responsáveis pelo sabor do abacaxi; apesar do baixo teor os lipídeos exercem função muito importante na manutenção da textura, do sabor, da pigmentação e dos demais componentes químicos (SANTOS, 2002) A composição química de abacaxi é mostrada no Quadro 1.

Quadro 1 - Composição química do abacaxi maduro “*in natura*”.

COMPONENTES	BASE ÚMIDA (%)
°Brix	10,8-17,5
Acidez titulável (ácido cítrico)	0,6-1,62
Cinzas	0,3-0,42
Água	81,2-86,2
Fibra	0,3-0,61
Estrato etéreo	0,2
	Continua.....

COMPONENTES	BASE ÚMIDA (%)
Ésteres (mg/kg)	1-250
Pigmentos em caroteno (mg/kg)	0,2-2,5
Nitrógeno total	0,045-0,115
Proteína	0,181
Nitrogênio soluble	0,079
Amoníaco	0,010
Aminoácidos totais	0,331

Fonte: DULL (1971)

Um dos fatores que tem impedido o aumento no consumo desta fruta é a sua falta de conveniência, uma vez que, para seu consumo, exige descasque trabalhoso e necessita de equipamento adequado, dado o escorrimento de líquidos e a dificuldade para redução dos pedaços.

2.2. Parâmetros físico-químicos de abacaxi

2.2.1. Teor de água

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, bem como a composição química dos diversos solutos incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas. O teor de umidade da polpa de abacaxi é, em geral, em torno de 85 %, base úmida, quando a fruta esta completamente madura.

2.2.2. Carboidratos

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o sabor. O conteúdo e a composição dos açúcares têm papel fundamental no sabor, sendo também indicadores do estágio de maturação dos mesmos (GONÇALVES, 1998).

Os sólidos solúveis totais (SST) são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade do fruto. Na maioria das vezes aumenta com o transcorrer do processo de maturação do fruto, por biossíntese, degradação de polissacarídeos ou perda de água dos frutos, resultando em maior concentração dos mesmos. Já a perda varia com a taxa de respiração, uma vez que os sólidos são substratos utilizados no processo respiratório (SANTOS, 2002).

Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são glicose, frutose e sacarose. Os açúcares do abacaxi são responsáveis pela doçura, sabor, balanço de ácidos, pela cor atrativa, como também pelos derivados de antocianinas e pela textura, quando combinados com polissacarídeos estruturais (BLEINROTH, 1997).

2.2.3. pH e acidez total titulável

O pH é resultante da concentração hidrogeniônica de uma solução e se relaciona inversamente com a acidez. Em abacaxis, estes valores oscilam no intervalo de 3,0 a 4,0 (SANTOS, 2002).

A acidez orgânica total, que é a soma de todos os ácidos orgânicos livres e aqueles presentes sob a forma de sais, tende a aumentar com o decorrer do crescimento do fruto até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando, então, começa a decrescer, à medida que ele vai amadurecendo (GONÇALVES, 1998).

A acidez é calculada através do principal ácido presente, expressando-se o resultado em percentagem de acidez total titulável (ATT). Os principais ácidos responsáveis pela acidez do abacaxi são o cítrico e o málico, contribuindo, respectivamente, com 80 % e 20 % da acidez total (BUENO, 2002). A ATT no abacaxi varia de 0,6 % a 1,62 %, sendo, normalmente, expressa como porcentagem de ácido cítrico (CARVALHO e BOTREL, 1996).

2.2.4. Enzimas

A polifenoloxidase (PPO) é responsável pelo escurecimento dos tecidos dos frutos, quando estes são injuriados, descascados ou feridos, através da oxidação enzimática de compostos fenólicos catalisada pela enzima (CARVALHO, 2000). A PPO é inibida em pH abaixo de 4,0. Desta forma, o abaixamento do pH é um meio de controle de reações de escurecimento enzimático (SANTOS, 2002). Ácido ascórbico, cisteína e metabissulfito são os inibidores da atividade da PPO em abacaxis (DAS *et al.*, 1997).

Os fatores mais importantes que determinam a taxa de escurecimento enzimático de frutas e hortaliças são: concentração ativa de polifenoloxidase (PPO) e compostos fenólicos presentes, pH, a temperatura e a disponibilidade de oxigênio no tecido. O pH ótimo para a atividade da polifenoloxidase (PPO) varia com a origem da enzima, com o substrato, e na maioria das vezes encontra-se entre 4,0 e 7,0 (FREIRE, 1999).

A polifenoloxidase (PPO) é encontrada em quase todos os tecidos vegetais é considerada uma enzima de baixa estabilidade térmica, sendo que tratamentos térmicos de 70 °C a 90 °C são suficientes para reduzir ou eliminar completamente sua atividade em tecidos vegetais (VIGYAZO, 1991).

2.2.5. Vitaminas e Carotenóides

A vitamina C é largamente encontrada nas frutas e hortaliças e recebe o nome de ácido ascórbico (forma reduzida), sendo L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativo. O teor deste ácido nas frutas e hortaliças geralmente decresce durante o armazenamento. Este decréscimo depende em grande parte da duração e da temperatura de armazenamento (THÉ, 2001).

O abacaxi não é um fruto rico em ácido ascórbico, sendo que ele se apresenta em maior quantidade na parte superficial, logo abaixo da casca (GONÇALVES, 1998). O conteúdo de vitamina C no abacaxi é em média de 17 mg de ácido ascórbico por 100 g, sendo importante, por conferir ao fruto certa proteção contra o escurecimento interno (CARVALHO e BOTREL, 1996). O principal carotenóide em abacaxi é beta-caroteno.

Os carotenóides são geralmente tetraterpenóides de 40 átomos de carbono, de coloração amarela, laranja ou vermelha. São encontrados em vegetais e classificam-se em carotenos ou xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos poliênicos com variados graus de insaturação e as xantofilas são sintetizadas a partir dos carotenos por meio de reações de hidroxilação e epoxidação. O β -caroteno e o licopeno são exemplos de carotenos, enquanto a luteína e a zeaxantina são xantofilas.

Em decorrência da presença das insaturações os carotenóides são sensíveis à luz, temperatura, acidez, bem como reações de oxidação. São compostos hidrofóbicos, lipofílicos, insolúveis em água e solúveis em solventes, tais como acetona, álcool e clorofórmio (BURGOS *et al.*, 2006). O teor de carotenóides totais reportado para abacaxi é de 0,2 mg por 100 g a 2,5 mg por 100 g (DULL, 1971); 0,60 mg por 100 g (SOUCI *et al.*, 2000) e 1 mg por 100 g (GIL *et al.*, 2006).

Durante o armazenamento, a oxidação de pigmentos, vitaminas e lipídios devido à presença de luz e oxigênio promove alterações da cor e sabor, reduzindo a qualidade de frutas desidratadas. A redução do teor de oxigênio, temperatura de armazenamento adequada e ausência de luz são procedimentos que reduzem o processo de oxidação em frutas.

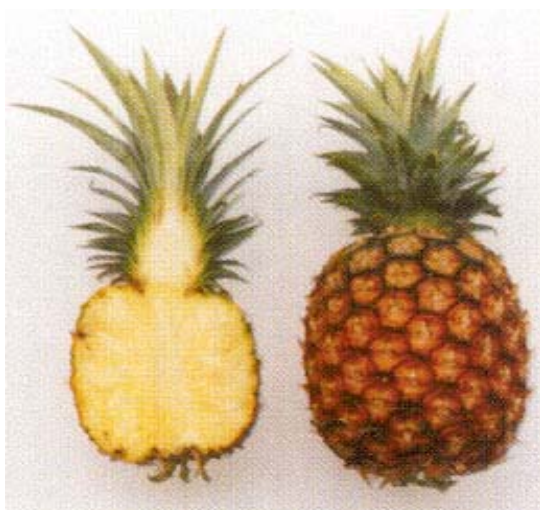
2.2.6. Dureza

Geralmente os frutos na colheita têm uma camada protetora como pele, casca ou outro tipo de superfície que a protege de danos. No abacaxi, quando esta camada é retirada, as células da polpa que possuem um grande teor de água e ácidos orgânicos são expostas, aumentando a respiração e a produção de etileno isso acontece em minutos, com conseqüente aumento de outras reações bioquímicas responsáveis por mudança de cor, sabor, textura e qualidade nutricional (CANTWELL, 1992).

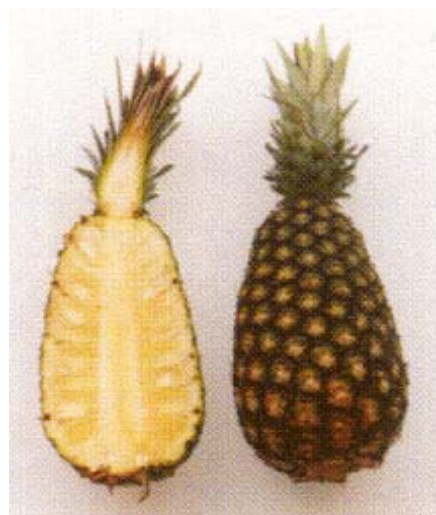
O abacaxi deve ser colhido no seu completo desenvolvimento fisiológico, tendo-se cuidado de não colher muito verde, pois, nestas condições, não amadurece, por possuir pouca ou nenhuma reserva amilácea. Observa-se, com frequência, que mesmo estando com a casca ainda bastante verde, alguns frutos das variedades Smooth Cayenne e Perola encontram-se com a polpa totalmente madura. Assim, pode-se concluir que a casca não é um indicativo preciso de maturidade real ou fisiológica (SANTOS, 2002).

2.2.7. Cor

A casca de abacaxi apresenta coloração que vai do verde ao amarelo na sua fase de maturação. Na Figura 1 mostra-se um corte transversal de abacaxi onde a polpa do abacaxi totalmente maduro (grupo I) é amarela, e para o Grupo II a polpa é amarelo-branca.



Grupo I. Polpa amarela



Grupo II. Polpa branca

Figura 1 - Corte transversal de polpa de abacaxi variedade Perola.

A Figura 2 mostra a cor de casca de abacaxi durante a maturação em que (a), mostra a casca verde, iniciando a maturação; (b) mostra 50% de frutinhos amarelos e (c) todos os frutinhos amarelos. Para o processamento de abacaxi, utilizam-se as frutas de casca verde (a), em período de maturação.



Cor da casca
Verde (a)



Cor da casca
50% amarelo (b)



Cor da casca
amarelo (c)

Figura 2 - Cor de casca de abacaxi variedade Perola, de acordo com o grau de maturação.

A cor pode ser descrita por vários sistemas de coordenadas. Alguns dos sistemas mais conhecidos são: Hunter L a b, CIE (Comissão Internacional de “L’Eclairage”) L^* a^* b^* , CIE X Y Z, CIE L^* u^* v^* . Estes se diferem na simetria do espaço das cores e no sistema de coordenadas usado para definir pontos dentro deste espaço. Destes, o CIE e o sistema Hunter são os de maior importância para medida instrumental. O método proposto pela CIE, definido em 1976, baseia-se num espaço tridimensional de modo que cada cor é representada por um único ponto nesse espaço. É definido pelas coordenadas L^* a^* b^* , em que:

Eixo L^* representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco).

Eixo a^* representa uma escala de tonalidades de vermelho ($0 + a$) a verde ($0 - a$).

Eixo b^* representa uma escala de tonalidades de amarelo ($0 + b$) a azul ($0 - b$).

(BILLMEYER e SALTZMANN, 1981).

2.2.8. Atividade de Água

Os microrganismos necessitam de água para se multiplicarem. A água total presente em um alimento nem sempre se encontra disponível; faz-se então necessário saber a quantidade de água disponível que não está comprometida por íons ou por colóides hidrofílicos presentes no alimento. É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água disponível no alimento e sua conservação. Os microrganismos e suas toxinas desenvolvem-se em atividade de água (A_w) diferenciadas. As bactérias precisam de valores superiores a 0,9 mais elevadas que os fungos filamentosos e as leveduras (JAY, 1994). No Quadro 2 apresenta os valores mínimos de atividade de água (A_w) dentro da qual se verifica o crescimento de microorganismos.

Quadro 2 - Atividade de água e crescimento microbiano

A_w (valor mínimo)	Microrganismos
0,90 a 0,91	Bactérias deterioradoras
0,87 a 0,88	Leveduras deterioradoras
0,80	Bolores
0,75	Bactérias halofílicas
0,65	Bolores xerofílicos
0,60	Leveduras osmofílicas

Fonte: MOLICA (1999)

Os alimentos são classificados em grupos, de acordo com seus valores de (A_w), podendo ser assim distribuídos (INTERNATIONAL, 1980):

Alimentos com A_w acima de 0,86: incluem o grupo de frutas e hortaliças frescas, carnes e pescados frescos, leite, hortaliças em salmoura, a maioria dos queijos, concentrados de tomates, embutidos, pães, entre outros. Neste grupo, crescem, sem impedimento algum, os microrganismos causadores de toxinfecção alimentar, podendo também crescer fungos micotoxigênicos.

Alimentos com A_w entre 0,86 e 0,60: as bactérias patogênicas não crescem em alimentos com A_w neste intervalo. A alteração quando ocorre, deve-se aos microrganismos xerófilos, osmófilos e halófilos. Alimentos de umidade intermediária, frutas secas, cereais, pescados salgados, queijos duros, leite condensado e extrato de carnes pertencem a este grupo.

Alimentos com A_w menores a 0,60: Os fungos filamentosos xerófilos e as leveduras osmofílicas podem crescer em alimentos com baixos teores de A_w e em altas concentrações de açúcar.

2.3. Secagem

A resistência dos consumidores ao uso de substâncias para a conservação dos alimentos e o aumento da popularidade de refeições desidratadas de rápido preparo e de alta qualidade, tem aumentado consideravelmente o interesse pelos produtos desidratados. Do ponto de vista tecnológico, a desidratação é frequentemente a etapa final do processamento, e que determina, em grande parte, a qualidade do produto final.

No caso da produção de frutas passas, por exemplo, a aceitabilidade do produto depende não somente de soluções técnicas de secagem, como também de diversos requisitos ligados a administração do processo e de higiene, difíceis de serem cumpridos pelos produtores.

Para desidratar frutas, a relação entre o teor de açúcar e grau de maturidade é um dos fatores mais importantes. As frutas secas têm o sabor e o aroma acentuados sem que qualquer quantidade de açúcar lhe seja adicionada. Por isso é ideal trabalhar com frutas maduras no ponto de maturação exato.

A prática mais primitiva de secagem consiste em expor o alimento fresco à luz solar, até se conseguir secá-lo. Se a umidade relativa do ar e a temperatura do alimento

permitir, a secagem ao sol tem êxito em alguns alimentos. Ela tem a desvantagem de requerer grande quantidade de espaço, potencialidade de contaminação e longo tempo de secagem.

A desidratação é considerada uma operação unitária que tem o propósito de diminuir a água presente nos produtos agrícolas e alimentícios e reduzir e inibir as atividades químicas, enzimáticas e microbiológicas que são responsáveis para a deterioração dos alimentos (FELLOWS, 2000).

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, normalmente significam remoção da umidade de sólido por vaporização e tem por objetivo assegurar a conservação de fruta por meio da redução da atividade de água. Essa redução deve ser efetuada até um ponto, onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de microorganismos. Deve ainda conferir ao produto final características sensoriais próprias e o máximo de seu valor nutricional (CANO-CHAUCA, *et al.*, 2004).

A secagem é um processo de transferência simultânea de energia e massa entre o produto e o ar de secagem. O excesso de umidade contido pelos materiais pode ser eliminado através de métodos mecânicos (sedimentação, filtração, centrifugação), porém, a eliminação mais completa na umidade é obtida por evaporação (KNOUDE, 1968).

O mecanismo do processo de secagem depende consideravelmente da interação da água com o material: quanto mais forte é a interação, maior a resistência a remoção de água. Durante a secagem a interação da água com o material é alterada.

As formas de ligação da água com o material são classificadas: química, físico-química e físico mecânico. A água ligada quimicamente é a que une com mais solidez ao material em certas proporções (estequiométricas) e pode ser eliminada só com aquecimento do material a temperaturas altas ou como resultado de uma reação química, esta água não pode ser eliminada do material por secagem. Durante a secagem é eliminada, só como regra, a água ligada com o material em forma físico-química e mecânica. A mais fácil de eliminar é a ligada mecanicamente que em troca é subdividida: água do macrocapilares e microcapilares. Os macrocapilares enchem de umidade durante o contato direto com o material, enquanto no microcapilares a umidade penetra tanto para contato direto, como por meio da adsorção do mesmo no ambiente.

Não só é eliminada a umidade do macrocapilares com facilidade por secagem, mas também usando métodos mecânicos.

A ligação físico-química une dois tipos de água que difere para a solidez da ligação com o material: a água ligada osmoticamente e por adsorção. A primeira está dentro das células do material e é retido pelas forças osmóticas. A segunda é retida compactamente na superfície e nos poros do material. A água de adsorção requer para sua eliminação um gás com uma energia consideravelmente maior que a usada para eliminar a água ligada osmoticamente (KASATKIN, 1985).

Os produtos biológicos, quando secados em camadas de espessura reduzida e com ar em condições constantes, exibem, no início, uma taxa constante e em seguida, uma taxa decrescente de perda de umidade. (QUEIROZ *et al.*, 2005).

2.3.1. Curvas de Secagem

2.3.1.1. Secagem a Taxa Constante

A taxa de secagem de produtos biológicos com teores de umidade inicial da faixa de 70 % a 75 %, base úmida, dependem de parâmetros externos tais como:

- 1) Velocidade do ar: a taxa de evaporação é diretamente proporcional à velocidade do ar de secagem, principalmente na fase inicial.
- 2) Temperatura do ar: a aplicação de temperaturas elevadas aumenta a velocidade de secagem do ar, porque, em primeiro lugar, aumenta sua capacidade de transportar umidade. Em segundo lugar, com o aquecimento do ar, o produto também é aquecido, aumentando sua pressão de vapor e facilitando a saída de umidade do produto para a superfície.
- 3) Umidade relativa do ar: o ar contém certa quantidade de vapor de água, que depende diretamente da temperatura ambiente. A umidade relativa é a relação entre a pressão de vapor de água existente no ar e a pressão de vapor de água quando o ar está saturado à determinada temperatura, para a qual esta não deve ser maior que 70 % para realizar o processo de secagem (MAUPOEY *et al.*, 2003).
- 4) Espessura e superfície disponível: o fator superfície disponível está relacionado com a subdivisão da fruta, ou seja, quanto maior a superfície exposta, menor a espessura dos

pedaços. Assim, por exemplo, quando o material possui maior área de contato, facilita a migração de umidade de forma mais rápida e diminui o tempo de secagem.

5) Características do produto: o processo de secagem compreende duas etapas distintas, que se encontram diretamente inter-relacionadas. A primeira etapa compreende a transferência de umidade da superfície do produto para o ar de secagem, que vai depender diretamente da temperatura, da umidade relativa e do fluxo de ar, assim como da forma e do tamanho do material a secar. A segunda etapa compreende a transferência de umidade do centro do produto para a superfície, que vai depender diretamente das características do produto, dentro a qual se considera a porosidade como a mais importante (CANO-CHAUCA, *et al.*, 2004).

Se as condições do ar são constantes, a taxa de secagem será constante ao início do processo. Este fenômeno pode ser observado em produtos nos quais resistência interna ao transporte de umidade é menor que a resistência externa a remoção de vapor de água da superfície do produto.

A taxa de secagem neste caso pode ser estimada por meio da equação 1:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{h_D \cdot A}{R_v \cdot T_{abs}} (P_{vbu} - P_{v\infty}) = \frac{h \cdot A}{L_v} (T_{\infty} - T_{bu}) \quad \text{eq. 1}$$

Em que:

U = teor de umidade da partícula, decimal, b.s;

t = tempo de secagem, s;

h_D = coeficiente de transferência de massa, $\text{kg./s} \cdot \text{m}^2$;

A = área superficial da partícula, m^2 ;

R_v = constante dos gases para o vapor de água, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$;

T_{abs} = temperatura do ar, K;

P_{vbu} = pressão de vapor de saturação, a temperatura de bulbo úmido, Pa;

$P_{v\infty}$ = pressão de vapor no ar, Pa;

h = coeficiente de transferência de calor por convecção, $\text{KJ/ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$;

L_v = entalpia de vaporização, kJ/kg ;

T_{∞} = temperatura de bulbo seco do ar, K;

T_{bu} = temperatura de bulbo úmido do ar, K.

Conhecendo os valores da área superficial da partícula (A), do coeficiente de transferência de massa (h_D) e do coeficiente de transferência de calor por convecção (h),

é possível, então, determinar o valor da taxa de secagem. Entretanto, muitas vezes torna-se difícil obter esses valores exatos, devido a forma anômala dos materiais biológicos.

O teor de umidade no qual a taxa de secagem passa de constante para decrescente é chamado teor de umidade crítico, e seu valor depende das características do sólido, tais como tamanho e forma, e das condições de secagem (QUEIROZ *et al.*, 2005).

2.3.2.2. Taxa Decrescente

Para o processo de secagem em taxa decrescente o processo de transferência de matéria interna não é suficientemente rápido para transportar toda a água que pode evaporar. Parte do calor que o alimento recebeu do ar é usado para evaporar a água e o resto é usado aumentando a temperatura da superfície do sólido. Quando se estabelece um gradiente de temperatura da superfície do sólido para o interior, começará a acontecer o fenômeno de transmissão de calor no sólido (MAUPOEY *et al.*, 2003).

O método comumente usado para analisar a secagem de produtos biológicos no período de taxa decrescente é o empírico.

O método empírico deriva de uma relação direta entre o teor de umidade médio e o tempo de secagem, desprezando fundamentos do processo de secagem. O método de equações empíricas é simples, mas não informa sobre o transporte de energia e umidade no interior do produto (FORTES e OKOS, 1980)

2.3.3. Teoria e Equações de Secagem

Vários mecanismos físicos têm sido propostos para descrever a transferência de umidade em produtos capilares porosos:

- Difusão de líquido, devido ao gradiente de concentração;
- Difusão de vapor, devido ao gradiente de pressão de vapor;
- Movimento de água devido às forças capilares.
- Fluxo de líquido e vapor, devido à diferença de pressão total, causada por pressão externa, contração, alta temperatura e capilaridade;

- Escoamento por efusão (escoamento de Knudsen), que ocorre quando o caminho livre das moléculas de vapor é da ordem de diâmetro dos poros. Esse mecanismo só é importante para condições de alto vácuo;
- Movimento de líquido, devido a força gravitacional, é sempre desprezado, desde que não influencie significativamente, como é o caso da secagem de alguns alimentos;
- Difusão superficial, praticamente desprezível.

Os modelos semi-teóricos são obtidos geralmente pela simplificação em série infinita da solução analítica da equação da segunda lei de Fick, ou pela modificação de modelos simplificados, válidos dentro de faixas de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e teor de umidade para os quais foram desenvolvidos (FORTES e OKOS, 1980). Estes modelos requerem menor tempo de solução em relação aos modelos teóricos, além de não serem necessárias considerações quanto a geometria, difusividade mássica e propriedades termo físicas (MASSAUD, 2004). Dentre os modelos empíricos de secagem em camada delgada, os mais empregados são os modelos de Lewis, de Henderson e Pabis, de Page e de dois termos (PANCHARIYA *et al.*, 2002).

2.4. Embalagem

As características físico-químicas e sensoriais dos produtos desidratados devem ser preservadas ao longo do armazenamento. Tradicionalmente, os materiais de embalagens têm sido selecionados no sentido de ter mínima interação com o alimento que acondicionam, constituindo assim barreiras inertes entre o alimento e o ambiente.

No sentido convencional, uma embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreiras a contaminações (microbiológicas e químicas) e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento. Já os sistemas de embalagem ativa devem acumular funções adicionais, entre as quais podem ser destacadas: (a) absorção de compostos que favorecem a deterioração, (b) liberação e compostos que aumentam a vida-de-prateleira, e (c) monitoramento da vida prateleira (HOTCHKISS, 1995).

Para preservar tais características torna-se fundamental o uso de embalagens adequadas, sendo os materiais flexíveis plásticos uma excelente opção (REIS *et al.*, 2006). O método utilizado tradicionalmente para avaliar a eficiência dessas embalagens

é o acondicionamento do produto na embalagem, estocagem e análises periódicas, avaliando a deterioração e/ou aceitabilidade sensorial (SARANTOPULOS *et al.*, 2001).

Em produtos desidratados a principal função das embalagens é minimizar ou impedir a passagem de vapor de água e oxigênio atmosférico para seu interior, evitando o aumento da atividade de água do alimento com conseqüente crescimento microbiano e outras reações químicas e enzimáticas (CABRAL e ALVIM, 1981).

O tipo de embalagem em que as frutas secas são acondicionadas influencia na vida de prateleira. Por apresentarem, em sua maioria, altos teores de carotenóides (vitamina A), estes produtos exigem um material que ofereça boa proteção contra oxidação, luz, perda de umidade e contaminação microbiana. As embalagens, além de evitarem as alterações das características sensoriais, nutricionais e físico-químicas dos produtos, devem satisfazer as necessidades de marketing, custo, entre outros fatores.

Os materiais flexíveis plásticos constituem uma excelente opção para embalagem de produtos alimentícios desidratados. No caso de produtos sensíveis ao oxigênio as alternativas de embalagem são o PVDC (policloreto de vinilideno) e folha de alumínio de PET/PE (polietileno tereftalato com polietileno). Quando o produto é sensível às oxidações, é necessária também uma barreira a luz que pode ser obtida com uso de absorvedores de luz ultravioleta, laminação de filmes com a folha de alumínio ou a metalização. O PET/Al/PE (polietileno tereftalato com camada de alumínio e polietileno) e PETMET/PE (polietileno tereftalato metalizado com polietileno) são alguns exemplos de filmes que protegem o produto da luz (REIS *et al.*, 2006).

Os requerimentos de permeabilidade da embalagem variam em função das características do produto a ser acondicionado. Por exemplo, produtos com altas taxas de respiração requerem o uso de embalagem com altas permeabilidades (ZAGORY e HADER, 1988). Tendo em vista que as taxas respiratórias de frutas e hortaliças *in natura* aumentam em função da temperatura, existem sistemas de embalagem ativa planejados para controlar a permeabilidade de embalagens para frutas e hortaliças *in natura* em função da temperatura de estocagem. Isso pode ser feito por meio de poros bloqueados com ceras, que se fundem a uma dada temperatura e são absorvidas pelo material de embalagem (GONTARD, 1997).

A redução da pressão parcial de O₂ em um sistema de embalagem resulta em redução das taxas de metabolismo (no caso de frutas e hortaliças *in natura*), crescimento de microrganismos aeróbios e oxidação, e, em conseqüência, promove um aumento na

vida-de-prateleira dos alimentos. Entretanto, existem exceções, por exemplo, quando existe a possibilidade de deterioração por respiração anaeróbia ou crescimento de bactérias anaeróbias.

O metabolismo de carboidratos e gorduras produz água, o que pode acarretar a presença de níveis inadequados de água no interior de um sistema de embalagem, como conseqüências poderá ocorrer: crescimento microbiano; prejuízo às propriedades de barreira a gases de filmes hidrofílicos; acúmulo de água condensada na superfície de hortaliças (LABUZA, 1996).

As embalagens plásticas é um grupo de materiais sólidos que possuem geralmente, por base, resinas sintéticas ou polímeros naturais modificados e que possuem em geral apreciável resistência mecânica. Os polímeros são materiais orgânicos ou inorgânicos de elevada massa molecular. As moléculas apresentam segmentos repetitivos na composição. As unidades estruturais simples chamadas monômeros são unidas por ligações covalentes. Entre os tipos de polímeros temos: Polietilenos (PE) (baixa, média e alta densidade), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliamida (PA), policloreto de vinila (PVC), policloreto de vinilideno (PVDC), polietileno tereftalato (PET).

Os polietilenos têm elevada resistência térmica, boa resistência a impacto e mesmo a baixas temperaturas, ótimas propriedades de isolamento térmico, atóxico, baixo índice de absorção de água. As limitações: baixa resistência mecânica e sofre ação de raios ultravioletas e ozônio, não é inerte a ácidos oxidantes e tem pouca resistência ao corte, é utilizado em filmes, embalagens de alimentos, garrafas, tubos.

O Polipropileno tem baixo custo, elevada resistência química, fácil modelagem, alta resistência à fratura por flexão ou fadiga, boa estabilidade térmica, maior sensibilidade à luz UV. As limitações: baixa resistência mecânica e sofre ação de raios ultravioleta e agente oxidante, resistência limitada à temperatura e perda da resistência a baixas temperaturas é utilizada em brinquedos, recipientes para alimentos, remédios, fibras.

O Poliestireno é um Termoplástico duro e quebradiço, com transparência cristalina tem como principais propriedades: Fácil processamento, fácil coloração, baixo custo, elevada resistência os ácidos e álcalis semelhantes ao vidro, baixa densidade e absorção de umidade; baixa resistência a solventes orgânicos, calor e intempéries.

O Policloreto de vinila (PVC) é um termoplástico de **baixo** custo, elevada resistência a chama pela presença do cloro, o processamento demanda um pouco de cuidado. Sua restrição: O monômero é um potente cancerígeno; deve haver controle do teor residual que permanece no polímero, particularmente em aplicações em que o polímero vai entrar em contato com alimentos.

O Politereftalato de etileno (PET) é um plástico da família de poliéster. Tem boa resistência mecânica térmica e química; absorção de oxigênio é de 10 a 20 vezes menor que nos plásticos “commodities”; fácil reciclabilidade. Trata-se de um polímero de engenharia que, graças ao contínuo aperfeiçoamento de seu processo de fabricação e à enorme aceitação na fabricação de garrafas de refrigerante, acabou mudando de status: passou de plástico de engenharia para commodity. Suas aplicações como garrafas para bebidas carbonatadas, óleos vegetais, produtos de limpeza, etc.; Na forma de películas transparentes e altamente resistentes, são usadas em aplicações nobres: isolamento de capacitores, películas cinematográficas, fitas magnéticas, filmes e placas para radiografia.

O Policloreto de vinilideno (PVDC) é um monômero vinílico que pode ser polimerizado sozinho e/ou com outros monômeros, formando diversas resinas de utilidade comercial. Seus maiores atributos são a baixa permeabilidade a gases e líquidos, resistência química e resistência à combustão. O PVDC pode ser copolimerizado por emulsão ou suspensão. Encontra aplicação em embalagem de alimentos (devido à barreira à umidade, ao calor, ao gosto, aos componentes, aos gases), produtos farmacêuticos e cosméticos, entre outros. (PETTERS, 1985).

O Quadro 3 amostra as propriedades e usos de alguns polímeros usados em contato com os alimentos.

Quadro 3 - Propriedades e usos mais importantes dos polímeros em contato com alimentos.

MATERIAIS CARACTERÍSTICAS	POLIPROPI- LENO (PP)	POLIESTI- RENO	POLIAMIDA	CLORURO DE POLIVINIL (PVC)	CLORURO DE POLIVINILIDENO (PVDC)	POLIESTER (PET)	POLIETILENO (PE)		
							BAJA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE
GRAVIDADE ESPECÍFICA	0,880 – 0,915	1,04 – 1,08	1,13 a 1,16	1,35 a 1,45	,59 – 1,71	1,35 – 1,39	0,910 – 0,925	0,926 – 0,94	0,941 – 0,965
TRANSPARÊNCIA	Transparente - translúcido	Transparente	Transparente - translúcido	Transparente – translúcido	Transparente	Transparente	Translúcido – transparente	Opaco	Opaco
SOLUVEL EM:	Clorofórmio, xileno, tricloroetileno	Benzeno, cloreto de methylene	Ácido fórmico. Fenóis	Tetrahidrolura- no, fomamida de dimetil	Dioxano, cetonas, acetato de butyl, etrahidrofu-rano	Benzila, Álcool, fenóis	Absorve hidrocarboneto inchando	Xileno dicloroetileno	
RESISTÊNCIA AO: ÁGUA ACÍDOS ALCALIS	Excelente Boa Boa	Boa Boa Boa	Boa Pobre Boa a pobre	Excelente Boa Boa	Excelente Boa, exclua HNO ₃ e H ₂ SO Boa exclua NH ₃	Excelente Moderado Pobre	Excelente Excelente Excelente	Excelente Excelente Excelente	Excelente Excelente Excelente
RESISTÊNCIA AS GORDURAS E OLEOS	Boa a pobre	Boa a pobre	Excelente	De boa a excelente	De boa a excelente	Excelente	Pobre, pode inchar ligeiramente.	Boa	Boa
TEMPERATURA Uso (°C)	-18 a 130	-18 a 90	-59 a 150	-36 a 80	-36 a 150	-62 a 90	-50 a 100	- 45 a 110	- 40 a 120
APLICAÇÕES	Filmes, embalagens, tampas, bandejas, tubos y caixas.	Pacote, folhas, espumas, garrafas, fechamentos.	Filmes, fechamento, tubos, folhas.	Filmes, folhas, pacotes, fechamentos.	Filmes, recobrimento.	Filmes, embalagens, garrafas, aquecedores de água	Filmes, folhas, embalagens, tapas, aquecedores de água, espumas.		
TIPOS DE ALIMENTO EM CONTATO DIRETO	Alimentos assados de baixo conteúdo de umidade, embalagem de produtos agrícolas.	Líquidos, sucos, produtos lácteo, refrigerantes, doces.	Em embalagens que requerem resistência.	Óleos comestíveis principalmente	Alimentos desidratados, ricos em gorduras, ou susceptíveis ao oxigênio.	Embalagens que requerem grande resistência mecânica	Frutas, vegetais frescos, carnes e vegetais congelados, sucos, polpas e frutas em conserva. Doces, miolo.		

Fonte: BRISTON E KATAN (1974)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O trabalho experimental foi conduzido nas instalações do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa, MG.

3.2. Equipamento utilizado no experimento

O secador utilizado para desidratar o abacaxi é composto de uma câmara de secagem com 10 bandejas de 0,8 m² cada, comportando de 1 200 g/m² a 1300 g/m² do produto; de uma câmara de distribuição de ar (“plenum”) composta de queimadores e chama de gás GLP, conhecido como gás de cozinha, de uma válvula solenóide, com a função de bloquear o gás para os queimadores, de um motor elétrico com hélice, sendo responsável pela impulsão do ar ambiente para o sistema de aquecimento até a câmara de secagem como mostrado na Figura 3.



Figura 3 – Secador utilizado no experimento de desidratação de abacaxi

3.3. Produção de abacaxi desidratado

O processo de obtenção do abacaxi desidratado está representado no fluxograma mostrado na Figura 4.



Figura 4 - Fluxograma da desidratação do abacaxi utilizada nos experimentos.

3.3.1. Matéria-Prima

Abacaxi da variedade Perola (*Ananas comosus* (L) Merrill), no estágio maduro, proveniente do Estado de Minas Gerais, safra 2006, foram obtidas do mercado local. Essa variedade foi escolhida por ser uma das mais indicadas para industrialização. Foram processadas um total de 160 kg (80 kg por processamento).

3.3.2. Seleção

Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, com teor de sólidos solúveis entre 10 ° Brix e 18 ° Brix.

3.3.3. Lavagem

Os frutos foram lavados primeiramente em água corrente para eliminar partículas grosseiras; uma segunda lavagem foi realizada mediante a imersão dos frutos em uma solução com 50 mg/kg de cloro residual total (Hipoclorito de sódio 9 %) a temperatura ambiente por um período de 15 minutos para promover uma redução da contaminação microbiana. Uma terceira lavagem foi realizada com água potável para retirar o excesso de cloro.

3.3.4. Preparo

As frutas foram descascadas e cortadas manualmente utilizando-se facas de aço inoxidável obtendo-se fatias de aproximadamente 1 cm. O abacaxi sofreu cortes em forma de rodela, utilizando-se um cortador de aço inoxidável, com diâmetro exterior de 80 mm e diâmetro interior de 30 mm.

3.3.5. Pré-tratamento

As rodela de abacaxi foram imersas em solução com 1 mg/L de bissulfito de sódio a temperatura ambiente durante 30 minutos para evitar escurecimento enzimático. Depois foi realizada a drenagem de líquido para eliminar excesso de líquido.

3.3.6. Secagem

A secagem foi conduzida no secador de bandejas (Figura 3) a uma temperatura de 60 °C, em uma velocidade de ar de 1,5 m.s⁻¹, até que as fatias atingissem a umidade de 20 % , base úmida. Esta temperatura foi utilizada por ser indicada para secagem de frutas, faixa menos prejudicial à qualidade sensorial e nutricional das mesmas. A secagem nestas condições foi efetuada em 2 repetições. A medição de temperatura do ar de secagem foi efetuada por meio de um termômetro fixado na entrada da câmara de secagem. Para acompanhamento da perda da umidade durante os testes de secagem, foram realizadas pesagens do produto no início do teste e posteriormente, em intervalos de uma hora, até atingir o teor de umidade final desejado.

3.3.7. Embalagem

Após o processo de secagem as amostras foram expostas à temperatura ambiente por 20 minutos no mesmo secador, para que a temperatura do produto desidratado estivesse em equilíbrio com o meio ambiente evitando a condensação do vapor de água no produto embalado.

As fatias de abacaxi foram colocadas primeiramente em embalagens de polietileno transparente com espessura de 40 µm, armazenadas à temperatura ambiente e protegidas da luz por quatro dias para equilibrar a umidade das fatias.

Uma quarta parte foi embalada em bandejas de isopor e seladas em filmes de polietileno de baixa densidade (20 µm de espessura) e armazenadas a temperatura ambiente e sob luz natural. Outra parte foi embalada em bandejas de isopor, seladas em sacos de polietileno de baixa densidade (20 µm) e protegidas com folha de alumínio, para preservar a ação de luz natural e armazenadas a temperatura ambiente. Outra parte foi embalada em bandejas de isopor, seladas em sacos de filmes de policloreto de vinilideno transparente (60 µm) e embalada a vácuo e armazenadas a temperatura ambiente sob luz natural e finalmente a outra quarta parte se embalou em bandejas de isopor e cobertas com filmes de policloreto de vinilideno (60 µm) de espessura, embalada a vácuo e coberta com folha de alumínio, para preservar a ação

de luz natural. Todas as bandejas foram armazenadas por um período de 75 dias sob temperatura ambiente. A nomenclatura das embalagens utilizadas som mostradas no Quadro 4.

Quadro 4. Embalagens utilizadas no armazenamento do abacaxi desidratado.

Embalagem	Nomenclatura
Embalagem de polietileno transparente	PT
Embalagem de polietileno + folha de alumínio	PA
Embalagem de policloreto de vinilideno sob vácuo transparente	PVDT
Embalagem de policloreto de vinilideno sob vácuo + folha de alumínio	PVDA

3.4. Análises físico-químicas

Todas as avaliações físico-químicas (teor de umidade, acidez total titulável, teor de sólidos solúveis, pH, determinação da relação sólidos solúveis-acidez total titulável e carotenóides totais), textura, cor e atividade de água (Aw) descritas a seguir foram realizadas no tempo zero e após (15, 30, 45, 60 e 75) dias de armazenamento. Duas unidades (embalagem com aproximadamente 200 g) referentes a cada uma das quatro embalagens foram utilizadas em cada tempo de armazenagem para a realização das análises, para cada repetição na secagem.

3.4.1. Teor de Água

O teor de água foi determinado, em triplicata para cada amostra, utilizando-se a técnica gravimétrica com emprego de calor, baseando-se na perda de peso das amostras submetidas ao aquecimento a 105 °C até peso constante, conforme AOAC (1997).

3.4.2. Acidez total titulável (ATT)

Acidez total titulável foi determinada por titulação e o resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico. Foi realizada em triplicata para cada amostra, utilizando-se 5 g da amostra triturada em 100 ml de água destilada e submetida a titulação com uma solução de NaOH 0,1 N; utilizou-se a fenoftaleína como indicador. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico, conforme as Normas Analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.4.3. Teor de sólidos solúveis totais (SST)

As medidas foram efetuadas, por triplicata para cada amostra, utilizando-se o extrato aquoso obtido de desintegração e homogeneização do fruto. Foram transferidas umas gotas para o prisma do refratômetro de campo (PZO RR11, NF 18847, escala 0 a 35 %). Os resultados lidos diretamente na escala do aparelho foram expressos em graus Brix, corrigindo os graus obtidos em relação a temperatura de acordo com a Tabela apresentada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.4.4. pH

O valor do pH foi determinado, por triplicata para cada amostra, por trituração em água destilada (100 mL) de 10 g de amostra, por potenciometria, utilizando-se um medidor de pH Digimed DM-20, segundo AOAC (1997).

3.4.5. Teor de carotenóides

A extração dos carotenóides totais foi realizada, por duplicata para cada amostra, conforme procedimento descrito por PEREIRA (2002). Foi retirada uma amostra de aproximadamente 5,0 gramas, de cada material. Foi adicionada às amostras 50 mL de acetona resfriada deixando-se por 24 h, obtendo um resíduo, em seguida as amostras foram filtradas em funil de Büchner a vácuo. Nesta etapa, o

frasco com amostras contendo acetona foi lavado com 10 mL de éter de petróleo. Logo após, os carotenóides foram transferidos para funis de separação acrescentando 40 mL de éter de petróleo para lavar o frasco onde ficaram depois da filtração. E finalmente, preenche-se o volume restante do funil com água destilada contendo NaCl, assim retirando a acetona.

Após a extração dos carotenóides, foi realizada a evaporação do extrato em éter de petróleo usando-se evaporador rotatório a vácuo, marca Tecnal, modelo TE120, a uma temperatura de 32 °C a 33 °C por 10 minutos.

Em seguida os carotenóides foram novamente dissolvidos em 10mL de álcool etílico. A absorbância da solução de carotenóides foi medida a 450 nm, utilizando-se um espectrofotômetro ultravioleta/visível modelo Hitachi 2001U. Os teores de carotenóides totais, expressos em mg/100g de amostra foram calculados pela equação:

$$\text{Carotenoides totais (mg / 100 g de amostra)} = \frac{A_{450} \times 100 \times f}{250 \times L \times W} \quad \text{eq. 2}$$

Em que A = Coeficiente de absortividade = 250 L/g cm, L = comprimento da célula (cm), W = quantidade da amostra (g) no volume final da diluição, f = fator de diluição.

3.4.6. Relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável : (Ratio):

A relação foi determinada pela relação direta dos valores conseguidos em análises de sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

3.4.7. Dureza

A dureza foi determinada, em triplicata das amostras, utilizando-se um texturômetro (TA.XT2 da Stable Micro Systems) que auxiliado por um “software” forneceu diretamente a força de corte (N). Neste caso, utilizou-se uma célula do tipo “Probe Warmer Bratzler”. O texturômetro foi programado da seguinte forma:

Força de medida (N): Compressão

Ensaio: “Return to Star“

Velocidad: 1,0 nm/s

3.4.8. Análises de cor

A avaliação da cor foi determinada por colorimetria, utilizando-se um colorímetro manual, de triestímulo COLOR READER CR-10 Konica Minolta, com os parâmetros: L*, luminosidade; a*, contribuição do vermelho; e b*, contribuição do amarelo. A análise foi realizada em triplicata das amostras e as medidas feitas em 2 pontos de cada uma das fatias.

3.4.9. Atividade de água (Aw)

A atividade de água foi medida, por triplicata das amostras, por meio de um instrumento denominado AQUALAB, modelo CX2, a temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

3.5. Análises microbiológicas

3.5.1. Coliformes totais

Para determinação de coliformes totais e fecais foi utilizada a técnica do número mais provável (NMP). Nos tempos zero, 15, 30, 60 e 75 dias de armazenamento, a fim de verificar a qualidade microbiológica do produto final.

As amostras foram diluídas 1/10, homogeneizadas, por cinco minutos e então feitas diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em água peptonada transferindo-se uma alíquota de 1 mL de cada diluição para tubos de ensaio contendo 10 mL de caldo verde brilhante e tubos de Durham. A incubação foi feita em estufa à 37°C por 48 horas, conforme a APHA (1992).

3.5.2. Fungos Filamentosos e leveduras (contagem padrão em placa da Petri)

Para fungos filamentosos e leveduras, alíquotas de 1 mL de cada diluição foram plaqueadas em profundidade em meio ágar batata dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico a 10 % (pH=3,5), com incubação a 25 °C por 3 e 5 dias, conforme a APHA(1992).

3.6. Análise sensorial

Para os testes de aceitação do produto, utilizou-se uma escala hedônica de nove pontos (Figura 5). As amostras cortadas, de 5 g aproximadamente, foram apresentadas a 50 consumidores, de forma inteiramente casualizada, em pratos plásticos pequenos (descartáveis) devidamente codificados com três dígitos, em cabines individuais, sob luz branca. Os testes foram feitos em tempo zero, 15, 30, 45, 60 e 75 dias de armazenamento, para determinar a aceitação do produto.

Nome _____ Idade _____ Data _____	
Por favor, avalie a amostra e indique, utilizando a escala de abaixo, o quanto você gostou o desgostou de cada um dos atributos (textura, cor, sabor e impressão global) do produto.	
Código da amostra _____	
9 – gostei extremamente	
8 – gostei muito	Textura _____
7 – gostei moderadamente	Cor _____
6 – gostei ligeiramente	Sabor _____
5 – nem gostei / nem desgostei	Impressão Global _____
4 – desgostei ligeiramente	
3 – desgostei moderadamente	
2 – desgostei muito	
1 – desgostei extremamente	
Observações _____	

Figura 5 - Ficha de respostas para o teste de aceitação

3.7. Curvas de secagem

A secagem para a determinação das curvas, foi feito em um secador experimental de camada delgada do laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa.

O secador experimental utilizado para determinação das curvas de secagem (Figura 6) foi construído em madeira, com sistema de aquecimento e controle de temperatura que consta de cinco resistências elétricas cônicas (400 W) que realizavam o aquecimento do ar de secagem da temperatura ambiente até a temperatura de secagem desejada. Quatro das cinco resistências funcionam em 110 V. Uma quinta resistência, de 220 V, é ligada a um controlador de temperatura (Fullgauge MT – 511R). Quando a temperatura ultrapassa o set point ajustado, o controlador corta a alimentação desta resistência, ou a aciona, caso a temperatura venha a ficar abaixo do set point. O sistema elétrico do secador (ventilador, resistências e controlador de temperatura) é acionado por um quadro de disjuntores (sete disjuntores, uma chave geral, chave para acionamento do ventilador e uma chave para cada uma das resistências). O acionamento do controlador é dado pelo acionamento da chave geral. Um ventilador centrífugo trifásico é movido por um motor elétrico (0,12 Cv 3400 rpm, 60 Hz). A câmara de secagem é formada por uma estrutura de sustentação das bandejas (3 bandejas) para a secagem. As bandejas consistem de uma armação de alumínio, que sustenta uma tela de alumínio, na qual é ajustada uma tela de nylon. A fim de controlar a vazão e, conseqüentemente, a velocidade do ar de secagem, a válvula de admissão do secador foi manipulada de forma a permitir a obtenção de 1m/s em na câmara de secagem.



Figura 6 - Secador utilizado no experimento pela obtenção das curvas de secagem.

Para a determinação da curva de secagem, o abacaxi foi cortado obtendo-se quatro fatias de 1 cm de comprimento que foram dispostas em 2 bandejas de alumínio com fundo com tela em malha fina.

Inicialmente, o secador foi colocado em funcionamento sem carga, durante 30 minutos, para uniformização da temperatura do ar de secagem. A velocidade de ar foi de 1 m.s^{-1} medida com velocímetro portátil KURZ serie 440 ajustando a válvula de admissão. Após esse período inicial, o produto foi introduzido no secador e o teste foi realizado.

Foram realizados testes em cinco diferentes temperaturas de secagem: 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C e 80 °C, a velocidade de ar de 1,0 m/s, com três repetições para cada temperatura totalizando 15 testes. O peso de bandeja contendo o abacaxi foi tomado em intervalos de 5 minutos durante a primeira hora de secagem, de 10 minutos durante a segunda hora, de 20 minutos durante a terceira hora e a cada 30 minutos a partir de então, ate atingir-se o teor de umidade em tomo de 20 %, base úmida, tido como o teor de umidade para armazenamento de abacaxi desidratado como produto de umidade intermédia.

3.7.1. Modelos de Secagem para camada delgada.

A secagem em camada delgada e definida como aquela com a espessura de apenas um grão. As curvas de secagem em camada delgada variam com a espécie, variedade, condições ambientais. Nesse sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem.

Vários modelos tenham sido propostos para predizer o comportamento de secagem que podem ser aplicados a relações empíricas e semi-empíricas. Esses modelos podem ser baseados no princípio de que a resistência ao transporte de umidade se encontra na superfície do produto e depende das variáveis externas ao produto, com a temperatura, velocidade de ar e a umidade relativa do ar de secagem.

Um grupo típico de modelos empíricos é análogo à lei de resfriamento de Newton da transferência de calor por convecção.

3.7.1.1. Modelo de Lewis

Lewis (1921) assume que a taxa de secagem é proporcional à diferença entre o conteúdo de umidade médio em um determinado tempo, t , e o conteúdo de umidade de equilíbrio de material (equação 3).

$$\frac{dU}{dt} = -K(U - U_e) \quad \text{eq. 3}$$

Em que,

U = Teor de umidade no tempo t (base seca).

U_e = Teor de umidade de equilíbrio (base seca)

K = Constante de secagem (horas^{-1})

t = Tempo de secagem (horas)

Integrando esta equação entre os limites U_o , e U , no início e final do processo, obtendo a equação 4, que descreve a razão entre umidade do sólido:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \exp(-Kt) \quad \text{eq. 4}$$

Em que: RU = Razão de umidade, (adimensional).

U_i = Teor de umidade inicial (base seca).

U_e = Teor de umidade de equilíbrio (base seca).

K = Constante de secagem (horas^{-1})

t = Tempo de secagem (horas)

Devido a razoável aproximação entre os valores medidos experimentalmente e aqueles calculados pela equação 2, também conhecida como Lei exponencial ou modelo logarítmico de secagem, passou-se a considerá-la como uma equação que descreve de forma aceitável o fenômeno de transferência de massa durante a

secagem por convecção de produtos capilares porosos. Em a razão de umidade, RU, o numerador representa a quantidade de água que ainda pode ser removida ou a quantidade de água livre em qualquer tempo t, em quanto a denominador representa a quantidade total de água disponível para ser retirada pela secagem. Praticamente, a maioria das abordagens empíricas a respeito de secagem de produtos agrícolas granulares utiliza os resultados das investigações de Lewis. (CARLESSO *et al.*, 2007).

3.7.1.2. Modelo de Page

Ao avaliar os fatores com influência significativa sobre a taxa de secagem por convecção de grãos de milho em camada delgada e ao comparar os resultados obtidos experimentalmente com aqueles obtidos com o modelo exponencial, Page (1949) desenvolve uma modificação empírica simple, permitindo obter um método mais preciso para descrever mudanças nos resultados medidos, especialmente para o estagio inicial de secagem. A adição de um expoente n ao tempo t na equação 4. expressa o modelo da seguinte maneira (equação 5):

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \exp(-K_0 t^n) \quad \text{eq. 5}$$

Em que K_0 representa a constante modificada de secagem e o parâmetro n possui um efeito de modelação do tempo e corrige os possíveis erros resultantes da negligencia da resistência interna para a transferência de umidade (AZZOUZ *et al.*, 1998).

3.7.1.3. Modelo de Henderson e Pabis

A constante de secagem foi investigada por vários pesquisadores e foi estabelecido que K pode ser descrita como uma equação do tipo de Arrhenius como uma função da temperatura do ar de secagem. Henderson e Pabis (1961) apresentaram um modelo matemático de predição da taxa de secagem de uma camada delgada de sementes de trigo conhecido também como modelo exponencial simples de dois parâmetros e que foi desenvolvido levando-se em consideração os

efeitos de velocidade, temperatura e razão de mistura de ar, do tamanho médio das sementes, e de sua taxa de redução de volume no decorrer de secagem.

O modelo proposto por Henderson e Pabis (1961) dado na equação 6:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = A_o \exp(-K_1 t) \quad \text{eq. 6}$$

Em que A_o e K_1 representam os parâmetros a serem determinados, geralmente dependentes da temperatura e da umidade relativa do ar e dos mecanismos de difusão de água ou vapor de água no interior das sementes.

3.7.1.4. Modelo de dois termos

Em função dos resultados acurados que tem proporcionado na predição de variação de RU em função do tempo, para os mais variados tipos de produtos diversos pesquisadores têm utilizado o modelo:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = A_o \exp(-K_2 t) + (1 - A_o) \exp(-K_3 t) \quad \text{eq. 7}$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{h_D \cdot A}{R_v \cdot T_{abs}} (P_{vbu} - P_{v\infty}) = \frac{h \cdot A}{L_v} (T_{\infty} - T_{bu}) \quad \text{eq. 8}$$

Em que: A_o , K_2 e K_3 representam os parâmetros a serem determinados, geralmente dependentes da temperatura e da umidade relativa do ar.

O modelo de dois termos pode ser considerado como uma modificação ao modelo do modelo exponencial o logarítmico original com a inclusão de um segundo termo exponencial e que é parte de uma serie infinita de expoentes negativos, havendo sido derivada da solução geral da equação de difusão. (CARLESSO *et al.*, 2007).

A avaliação de adequação dos modelos da adequação dos modelos empregados para descrição da secagem de abacaxi foi feito por intermédio do calculo do coeficiente de determinação (R^2), e quadrado médio do resíduo (QMR). Os valores mas baixos de QMR o que tendam a zero, junto aos mais altos de R^2 o que tendam a uno, indicam o melhor comportamento do modelo (DOYMAZ,2004).

Na análise estatística dos dados procedeu-se ao ajustamento das variáveis: razão de umidade e tempo de secagem por médio do procedimento de Gauss Newton

(SOUZA, 1998) implementando sobre o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), 2000, dos modelos não-lineares descritos anteriormente. As curvas de secagem de abacaxi foram expressas como a variação do razão de umidade em função do tempo de secagem.

3.8. Planejamento experimental para avaliação de embalagens.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com duas repetições, com os tratamentos no esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas as quatro embalagens. Os tempos de análises constituíram as subparcelas. Para fazer as comparações entre as embalagens foi aplicado o teste de Tukey ao nível de significância de 5 % de probabilidade. Os dados foram analisados no programa SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química do abacaxi “*in natura*” e abacaxi desidratado

As características físico-químicas de abacaxi “*in natura*” e abacaxi desidratado são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição físico-química do abacaxi “*in natura*” e abacaxi desidratado.

Características físico-químicas	Abacaxi “ <i>in natura</i> ” (DP)*	Abacaxi desidratado (DP)*
Teor de umidade inicial (% base úmida)	86,5 (1,6)	20,67 (0,51)
Acidez total titulável (% ácido cítrico) (ATT)	0,58 (0,08)	1,78 (0,07)
Sólidos solúveis totais (°Brix) (SST)	13,8 (1,25)	75,95 (1,05)
pH	3,99 (0,11)	4,1 (0,1)
SST/AAT (Ratio)	23,7 (4,07)	42,7 (1,09)
Carotenóides totais (mg/100g de polpa)	0,14 (0,02)	0,58 (0,06)
Carotenóides totais (mg/100g matéria seca)	1,04	0,73
Textura (Newton)	8,6(2,11)	56,4 (1,24)
Cor:		
L*	62,16 (6,5)	51,5 (0,76)
a*	-1,5 (2,3)	3,5 (0,15)
b*	22,62 (3,3)	31,9 (0,9)
Atividade de água (A_w)	0,96 (0,02)	0,54 (0,007)

* Desvio Padrão

O teor de umidade de abacaxi “*in natura*” obtido está entre os valores encontrados por vários autores em diversas variedades de abacaxi (DULL, 1971;

COSTA, 2002; SANTOS, 2006). Seu alto teor de umidade inicial o torna suscetível à deteriorações tanto de origem físico-químico como microbiológica. Durante o processo de desidratação o teor de umidade alcançado foi 20,6 %, base úmida, que encontra-se dentro da faixa de umidade para frutas desidratadas. O teor de atividade de água de 0,96 corresponde um produto de alta umidade, neste trabalho foi alcançada uma A_w próxima a 0.54 durante o processo de desidratação, caracterizando um alimento de umidade baixa, que contribui principalmente a inibição do crescimento microbiano, comprovado pela análise microbiológica de coliformes fecais com resultado $< 3\text{NMP/g}$ e para fungos filamentosos e leveduras $1,7 \times 10^2 \text{ UFG/g}$, estando de acordo com os padrões microbiológicos para frutas desidratadas e liofilizadas (Resolução - RDC No. 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. ANVISA, 2001).

O abacaxi “in natura” caracterizou-se pelo bom teor de sólidos solúveis totais 13,8 °Brix, que relacionado com o teor de acidez total titulável, 0,58 %, permite a comprovação de seu sabor doce ($\text{SST/ATT} = 23,7$), além de apresentar adequado pH (3,86). Estes resultados são próximos aos observados por GIACOMELLI (1982), que encontrou 0,65 a 0,95 % de acidez titulável, pH de 3,7 a 3,9 e 14-16 °Brix. Com o processo de desidratação o teor de sólidos solúveis e acidez titulável aumentaram, esse aumento acentuado produz fatias de maior concentração de açúcar. A secagem resulta numa concentração de solutos, de modo que proteínas, carboidratos, vitaminas e outros componentes estão presentes em maiores quantidades por unidade de peso no alimento desidratado do que no alimento fresco.

O teor de sólidos solúveis depende da variedade e do estágio de maturação sendo uma medida do grau de doçura dos frutos.

O pH do abacaxi desidratado não alterou em relação a abacaxi “in natura”.

A relação SST/ATT de abacaxi desidratado duplicou com relação ao abacaxi “in natura” pelo aumento dos valores dos sólidos solúveis.

O teor de carotenóides totais de abacaxi “in natura” está próximo ao obtido por DULL (1971) na faixa de 0,25 mg/100 g a 2,5 mg/100g de polpa e por GIL *et al* (2006) que variaram de 0,25 mg/100g a 1 mg /100 g de polpa. O teor de carotenóides totais de abacaxi desidratado diminuiu, em relação à matéria seca. Os carotenóides são sensíveis luzes, temperatura, acidez (BURGOS *et al.* 2006).

As propriedades mecânicas e a resistência dos tecidos dos frutos dependem das características estruturais do conglomerado celular. De acordo com PANTASTICO (1975), a textura depende da coesividade, tamanho, forma e turgidez das células que compõem o tecido. O valor da textura de abacaxi “in natura”, medida em Newton foi de 3,26.

O valor de dureza aumentou para 56,41 N, no abacaxi desidratado o que está de acordo ao reportado por CANO-CHAUCA *et al.* (2002) que afirma que a dureza é modificada conforme o teor de umidade, e que a textura de um produto é suave ao início de um processo de secagem, mais no final do processo, a textura é firme em razão de o produto estar com teor de umidade mais baixo.

Em relação à cor, o abacaxi desidratado comparado com abacaxi “in natura”, observou-se a uma diminuição da luminosidade para $L^* = 51,53$. Isso ocorre pela influência da temperatura de secagem aplicada (60°C), que favorece o escurecimento não-enzimático (caramelização) do produto. O valor de a^* aumentou para 3,52 em virtude da mudança da cor vermelha ao longo do tempo de secagem que ocorreu pelo aquecimento do produto. O aquecimento provoca a perda de alguns componentes como carotenóides, açúcares e aminoácidos, que conduzem a formação de produtos resultantes da reação de Maillard (IBARZ *et al.*, 1977). A coordenada b^* aumentou para 31,94 devido ao processo de aquecimento, o que aumentou a tonalidade amarela.

As Figuras 7 e 8 amostram o abacaxi imerso em solução de bissulfito de sódio (1mg/L), e antes de secagem. Observe-se a não uniformidade da cor em as rodela, indicação de que a maturação do fruto não é uniforme.



Figura 7 - Fatias de abacaxi imersas em solução de bissulfito de sódio.



Figura 8 - Fatias de abacaxi antes de secagem.

A Figura 9 amostra as fatias de abacaxi acondicionadas em os quatro tipos de embalagens: Policloreto de vinilideno a vácuo e com folha de alumínio; Policloreto de vinilideno a vácuo; Polietileno e Polietileno com folha de alumínio.



Figura 9. Fatias de abacaxi acondicionadas em quatro tipos de embalagens

4.2. Caracterização físico-química do produto desidratado durante armazenagem.

Para estudar o efeito da embalagem e do tempo de armazenamento, foram realizadas análises de variância (ANOVA) dos dados obtidos para as variáveis físico-químicas (umidade, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), pH, *ratio*, carotenóides e atividade de água), dureza e coordenadas de cor (Tabela 2, 3 e 4).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis físico-químicas de abacaxi desidratado.

FV	GL	QM						
		U	ATT	SST	pH	Ratio	Car.	Aw
Embalagem.	3	10,9**	0,02ns	26,23ns	0,005ns	9,57ns	0,025**	0,003**
Resíduo (a)	3	1,64	0,03	17,55	0,009	37,37	0,04	0,001
Tempo	5	3,64**	0,21**	97,27**	0,02**	261,81**	0,13**	0,0005ns
Emb x Tem	15	0,78ns	0,03ns	7,36ns	0,08ns	4,79ns	0,01ns	0,0002ns
Resíduo (b)	21	1,06	0,023	16,09	0,07	53,26	0,02	0,005

**p<0,05; ns-não significativo (p>0,05);
 SST: sólidos solúveis totais; U: umidade; ATT: acidez total titulável;
 Car: carotenóides; Aw: atividade de água.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância do atributo dureza, do abacaxi desidratado.

FV	GL	QM
Embalagem	3	256,9218**
Resíduo (a)	3	12,16
Tempo	3	62,9053**
Embalagem x Tempo	9	45,2987ns
Resíduo (b)	13	33,1237

**p<0,05; ns-não significativo (p>0,05)

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das coordenadas L*, a* e b* do atributo cor do abacaxi desidratado.

FV	GL	QM		
		L*	a*	b*
Embalagem	3	26,40ns	11,87**	16,00ns
Resíduo (a)	3	65,02	1,85	16,89
Tempo	5	341,88**	42,66**	178,51**
Embalagem x Tempo	15	21,38ns	0,92ns	5,26ns
Resíduo (b)	784	41,61	1,56	101,18

**p<0,05; ns-não significativo (p>0,05)

Analizando as Tabelas das ANOVA, foi observado efeito significativo do tempo para todos os atributos físico-químicos, dureza e de cor (L*, a* e b*), exceto atividade de água, portanto, foi realizada análise de regressão para esses atributos. Para comparação entre as embalagens verificou-se efeito significativo com relação ao tipo de embalagens para os atributos umidade, carotenóides, dureza, coordenada de a* e atividade de água, realizaram-se então as comparações aplicando-se o teste de Tukey ao nível de significância de 5 % de probabilidade.

4.2.1. Efeito do tempo de armazenamento.

A Figura 10 amostra a variação de teor de umidade do abacaxi desidratado ao longo do tempo.

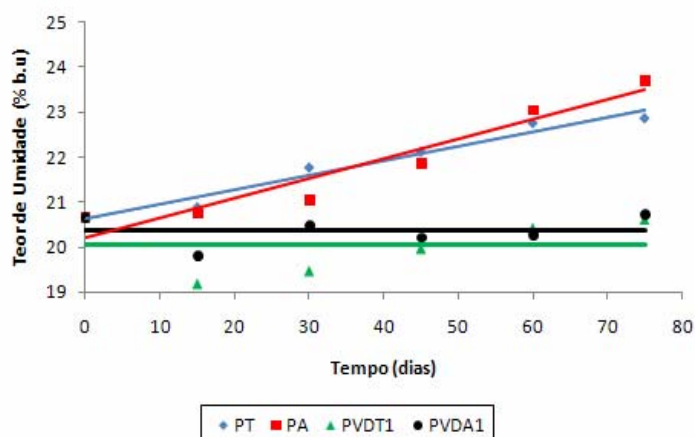


Figura 10 - Variação do teor de umidade do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT); e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

O teor de umidade teve um aumento crescente nas fatias acondicionadas em filmes de polietileno (transparente, PT e com folha de alumínio PA), ao longo do armazenamento ($P < 0,05$) e não houve variação do teor de umidade nos abacaxis desidratados embalados em policloreto de vinilideno a vácuo (PVDT e PVDA) ao longo dos 75 dias de armazenamento ($P > 0,05$), tal comportamento pode ser devido à barreira do filme de policloreto de vinilideno, onde o teor de vapor de água é mínimo o que retarda a hidratação do produto. REIS *et al.* (2002) ao estudar o comportamento de manga desidratada e acondicionada em filmes de policloreto de vinilideno a vácuo, encontraram perda de umidade mínima, verificando a eficiência destas embalagens como barreiras para o vapor de água, neste tipo de filmes. As equações de regressão estão apresentadas na Tabela 5 que mostra as equações de regressão dos atributos físico-químicos (Umidade, Acidez Total Titulável, Sólidos Solúveis, relação *Ratio*, Carotenos, pH e Dureza) de abacaxi desidratado afetados pelo tempo de armazenagem.

Com relação ao teor de acidez observou-se comportamento semelhante para todos os produtos ao longo do tempo de armazenamento (Figura 11).

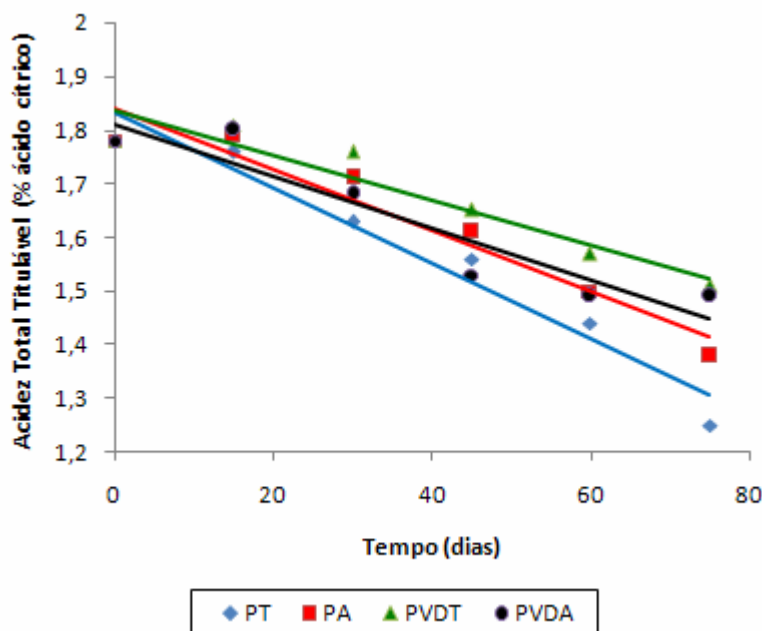


Figura 11 - Variação do teor de acidez total titulável (% ácido cítrico) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

Tabela 5 - Equações de regressão dos atributos físico-químicos de abacaxi desidratado em função do tempo de armazenagem.

Embalagem	Equações de regressão						
	Umidade	ATT	SS	Ratio	Carotenóides	pH	Dureza
PT	$\hat{y} = 20,22 + 0,044^{**}X$ $R^2 = 0,92$	$\hat{y} = 1,83 - 0,007^{**}X$ $R^2 = 0,95$	$\hat{y} = 74,62 - 0,145^{**}X$ $R^2 = 0,89$	$\hat{y} = 40,26 + 0,12^{**}X$ $R^2 = 0,72$	$\hat{y} = 0,530 - 0,005^{**}X$ $R^2 = 0,95$	$\bar{y} = 4,00$	$\hat{y} = 58,75 - 0,295^{**}X$ $R^2 = 0,84$
PA	$\hat{y} = 20,63 + 0,032^{**}X$ $R^2 = 0,96$	$\hat{y} = 1,84 - 0,005^{**}X$ $R^2 = 0,94$	$\hat{y} = 76,15 - 0,17^{**}X$ $R^2 = 0,94$	$\hat{y} = 41,67 + 0,06^{**}X$ $R^2 = 0,50$	$\hat{y} = 0,55 - 0,0045^{**}X$ $R^2 = 0,97$	$\bar{y} = 4,04$	$\hat{y} = 55,30 - 0,0069^{**}X$ $R^2 = 0,50$
PVDT	$\bar{y} = 20,05$	$\hat{y} = 1,84 - 0,004^{**}X$ $R^2 = 0,90$	$\bar{y} = 74,07$	$\hat{y} = 41,37 + 0,08^{**}X$ $R^2 = 0,87$	$\hat{y} = 0,55 - 0,0041^{**}X$ $R^2 = 0,96$	$\bar{y} = 4,02$	$\hat{y} = 61,38 + 0,28^{**}X$ $R^2 = 0,52$
PVDA	$\bar{y} = 20,37$	$\hat{y} = 1,81 - 0,004^{**}X$ $R^2 = 0,89$	$\bar{y} = 73,09$	$\hat{y} = 40,71 + 0,13^{**}X$ $R^2 = 0,80$	$\hat{y} = 0,57 - 0,003X$ $R^2 = 0,95$	$\hat{y} = 04,10 - 0,002X$ $R^2 = 0,50$	$\hat{y} = 61,15 - 0,262^{**}X$ $R^2 = 0,50$

******p<0,005; ns-não significativo (p>0,05); PT-polietileno transparente; PA- polietileno com folha de alumínio;; PVDT – policloreto de vinilideno a vácuo transparente; PVDM- policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio.

O teor de acidez diminuiu ao longo do tempo de armazenamento, apresentando maior acidez os abacaxis embalados a vácuo, com uma redução após dos 75 dias de armazenamento, para as fatias em policloreto de vinilideno a vácuo: transparente - PVDT de 1,84 para 1,54 e com folha de alumínio-PVDA de 1,81 para 1,51, em relação aos abacaxis acondicionados em filmes de polietileno, transparente (PT) que diminuiu de 1,84 para 1,33 e com folha de alumínio (PA) que diminuiu de 1,84 para 1,46, que apresentaram maior perda de acidez. SANTOS (2002) observou uma oscilação na acidez titulável, em fatias de abacaxis “Perola” armazenadas neste tipo de embalagem que foi atribuído ao processo de hidrólise. ABREU (1995) no estudo do armazenamento de abacaxis cv. Smooth Cayene observou o mesmo comportamento.

Observa-se na Figura 12, uma diminuição dos sólidos solúveis totais dos abacaxis desidratados em embalagens de polietileno transparente (PT) e em folha de alumínio (PA) ao longo dos 75 dias de armazenamento.

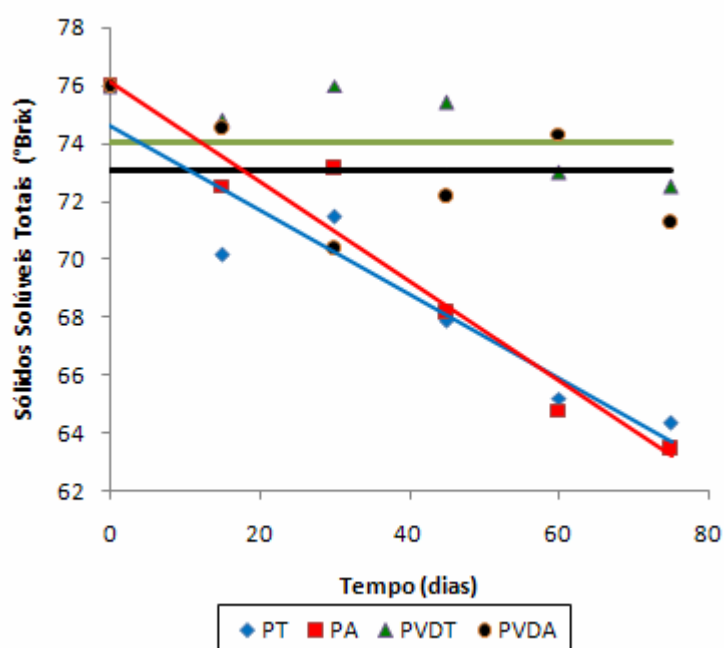


Figura 12 - Variação do teor de sólidos solúveis (°Brix) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

A diminuição no teor de sólidos solúveis nas fatias armazenadas em polietileno após dos 75 dias de armazenamento, pode ser atribuído ao ganho de

umidade dos produtos ao longo do tempo do armazenamento. As fatias desidratadas embaladas em polietileno apresentaram menor concentração de sólidos solúveis com uma diminuição maior para as fatias desidratadas em polietileno com folha de alumínio (PA) que diminuiu o teor de sólidos solúveis de 75,95 para 63,45, que para as fatias desidratadas em polietileno transparente (PT) que diminuiu o teor de sólidos solúveis de 75,05 para 64,25. Não houve variação dos sólidos solúveis totais nos abacaxis desidratados embalados em policloreto de vinilideno a vácuo (PVDT e PVDA) ao longo dos 75 dias de armazenamento ($P > 0,05$). Essa redução do teor de sólidos solúveis em abacaxi desidratado em polietileno, pode ser explicada em virtude do ganho de umidade. CANO-CHAUCA *et al.* (2002) observaram a diminuição no teor de sólidos solúveis e aumento no teor de umidade o armazenamento de banana desidratada.

Com relação à relação *Ratio* foi observado um aumento ao longo no período do armazenamento, como mostra a Figura 13.

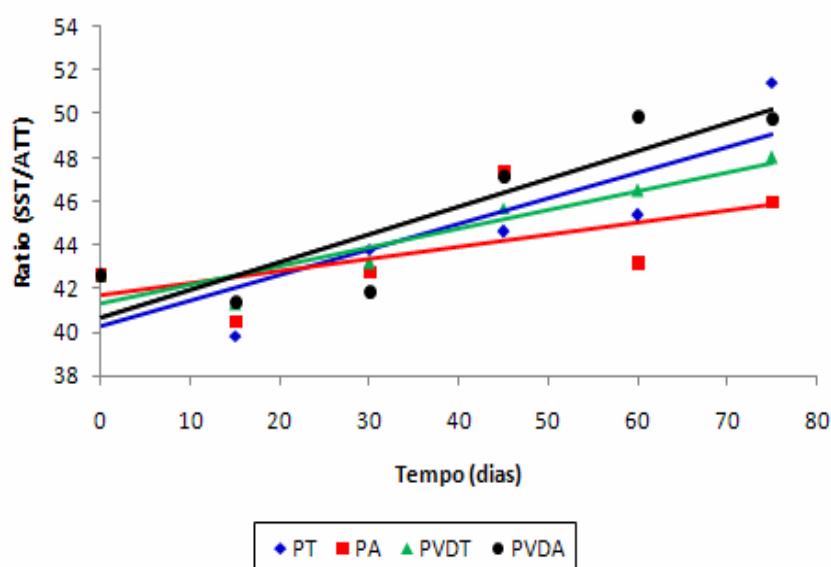


Figura 13 - Variação do *Ratio* (SST/ATT) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

Verificou-se uma tendência ao aumento nos valores da relação *Ratio*, para as amostras desidratadas abacaxi para os quatro tipos de embalagens (Figura 13). Os abacaxis desidratados embalados em polietileno transparente (PT) e em policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio (PVDA), foram os que obtiveram a

maior relação de *Ratio* aos 75 dias. As amostras embaladas em polietileno transparente (PT) aumentaram mais a relação de 40,26 para 49,58, que os acondicionados em policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio (PVDA) que aumentou a relação de 40,71 para 49,92. Já as acondicionados em polietileno com folha de alumínio (PA) e as amostras acondicionadas em policloreto de vinilideno a vácuo transparente (PVDT) aumentaram em menor relação que as anteriores. As primeiras de 41,67 para 45,98 e de 41,27 para 47,76 as segundas. Segundo THÉ (2001) o sabor dos frutos é determinado, em grande parte, pelo balanço de ácidos e açúcares e avaliado pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável. SANDI (2003), estudando suco de maracujá, observou um comportamento inverso entre a acidez titulável e o *Ratio* decorrente da diminuição da acidez titulável e do aumento de *Ratio* ao longo do tempo de armazenamento.

O teor de carotenóides nas amostras de abacaxis desidratados diminuiu ao longo da armazenagem (Figura 14).

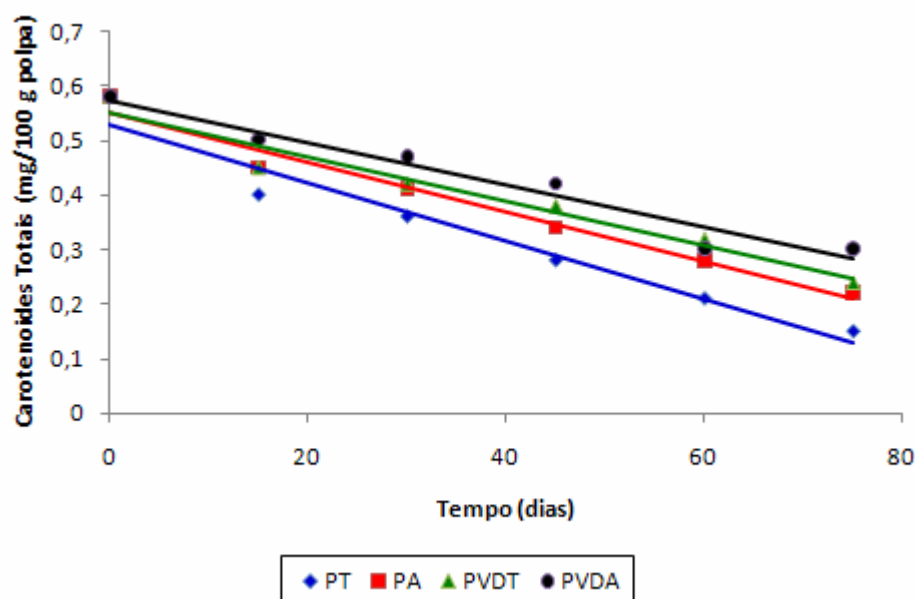


Figura 14 - Variação dos carotenóides totais (mg/100g polpa) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

O teor de carotenóides totais reduziu ao longo do tempo de armazenamento para todas as embalagens utilizadas ($P < 0,05$). Tal degradação no abacaxi

desidratado durante o armazenamento pode ter ocorrido devido às reações de oxidação. Note-se que as maiores perdas de carotenóides ocorreram nas fatias embaladas em polietileno, o que pode ser explicado em virtude da quantidade significativa de oxigênio, que provoca um aumento na velocidade de oxidação de carotenóides. Esta velocidade foi menor, para as fatias embaladas em policloreto de vinilideno (PVDT e PVDA), que apesar do vácuo, também apresentou degradação dos carotenóides. Segundo REIS et al. (2002), a oxidação ocorre mesmo em pequena quantidade de oxigênio em contato com o alimento que foi suficiente para desencadear todo o processo de auto-oxidação do carotenóide. Os resultados do experimento esta de acordo como obtido por REIS *et al.* (2006), em que produto embalado em embalagem com folha de alumínio, expediu a passagem da luz, comparado com a transparente a vácuo, não promove uma melhor retenção de carotenóides, o que indica que a presença de pequenas quantidades de oxigênio em contato com o carotenóide exerceu um efeito maior sobre a sua degradação do que a luz natural.

A variação de pH ao longo do tempo de armazenamento foi mínima como se mostra na Figura 15.

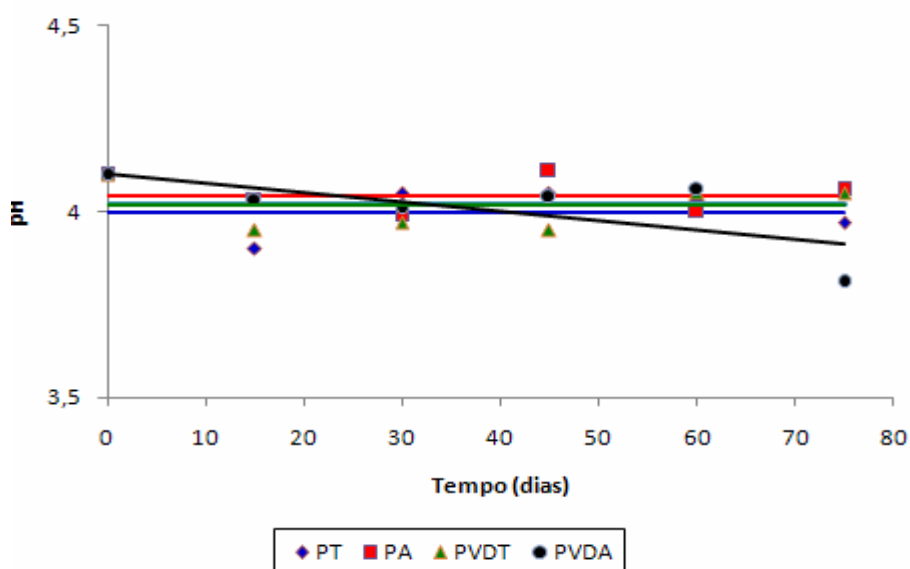


Figura 15 - Variação do pH do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

A variação do pH para o abacaxis desidratado acondicionado em policloreto de vinilideno com folha de alumínio a vácuo (PVDA) foi significativa ao longo do

tempo de armazenamento ($P < 0,05$). e não houve variação do pH nos abacaxis desidratados embalados polietileno transparente (PT), polietileno coberto com folha de alumínio (PA) e em policloreto de vinilideno transparente a vácuo (PVDT) ao longo dos 75 dias de armazenamento ($P > 0,05$). Observou-se uma tendência de diminuição no teor de pH, variando de 4,1 a 3,98. SARZI (2002) encontrou um teor de pH, variando de 3,9 a 3,7, quando trabalhou com abacaxi “Perola” minimamente processado durante 12 dias. REIS *et al.* (2006) obteve valores de 4,54 a 4,4 quando trabalhou com manga acondicionada em policloreto de vinilideno a vácuo em 120 dias. Os teores baixos de pH garantem a estabilidade microbiológica dos produtos.

A dureza foi avaliada até os 45 dias de armazenamento. A Figura 16 mostra o comportamento dos abacaxis desidratados nos quatro tipos de embalagens testadas.

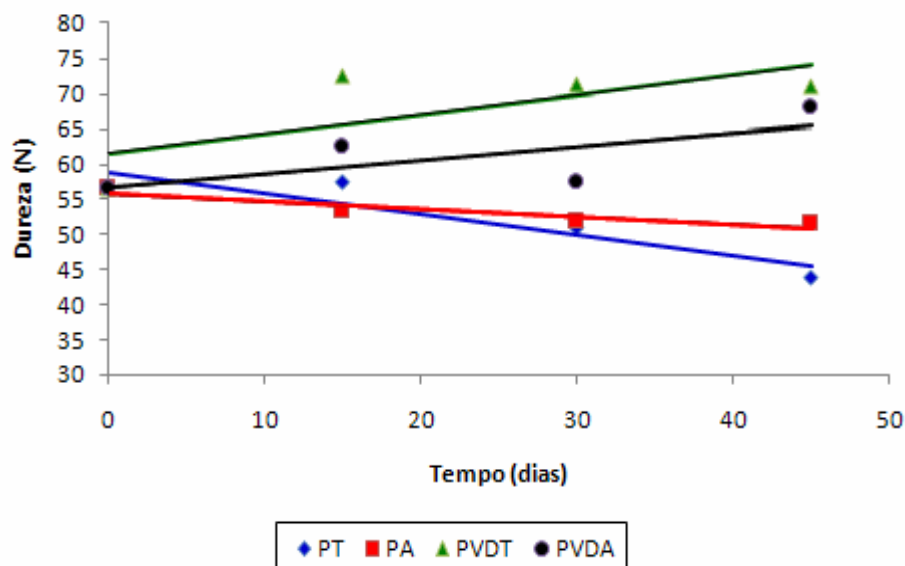


Figura 16 - Variação da dureza medida em força (N) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

O abacaxi desidratado embalado em polietileno transparente (PT) foi o que apresentou diminuição no valor da força de corte ao longo do tempo. As amostras acondicionadas em policloreto de vinilideno a vácuo transparente (PVDT) apresentou um aumento da força de corte, em comparação com os outros tipos de embalagens. Esse comportamento pode ser explicado, pelo fato de que aumenta com a diminuição do teor de umidade do produto, em virtude do aumento da concentração dos demais componentes, ficando mais firme a dureza. CANO-CHAUCA *et al.*

(2002) observaram em banana desidratada, que a força de corte (parâmetro de textura) aumenta com o decréscimo do teor de umidade.

A variação dos valores da coordenada L^* (luminosidade) nos abacaxis desidratados ao longo do tempo é mostrada na Figura 17. As equações de regressão estão apresentadas na Tabela 6, para as coordenadas da cor (L^* , a^* e b^*) de abacaxi desidratado afetados pelo tempo de armazenagem.

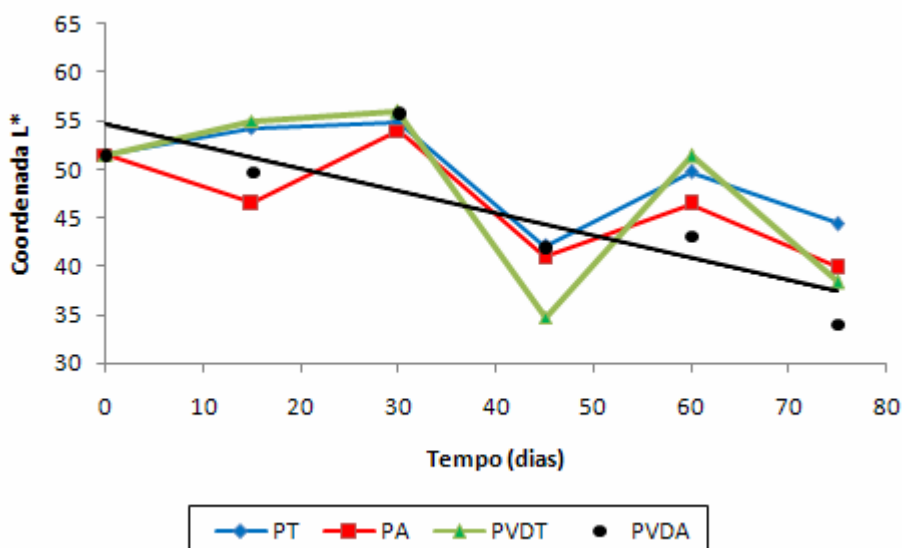


Figura 17 - Variação da coordenada L^* (luminosidade) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

Observa-se uma diminuição do valor de L^* com o tempo de armazenagem, para todos os abacaxis acondicionados nos quatro tipos de embalagens sugerindo o escurecimento ao longo do armazenamento. O maior decréscimo da coordenada L^* foi para as fatias de abacaxi acondicionadas em policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio PVDA. Em relação às fatias de abacaxi acondicionadas em polietileno (transparente PT, e com folha de alumínio PA) e para as acondicionadas em policloreto de vinilideno a vácuo transparente PVDT, os dados experimentais não se ajustaram a nenhum dos modelos testados e o gráfico correspondente foi feito com os dados observados experimentalmente. Os maiores valores L^* foram observados, aos 75 dias de armazenagem, para as fatias embaladas em polietileno comprovando menor escurecimento, comparativamente com as fatias embaladas em policloreto de vinilideno a vácuo (PVDT e PVD). CANO-CHAUCA *et al.* (2002) reportaram que

em banana desidratada o decréscimo da coordenada L* está diretamente correlacionado com o escurecimento. Essa redução pode estar relacionada com o aparecimento de compostos resultantes do escurecimento não-enzimático, como a reação de Maillard, tal reação ocorre lentamente à temperatura ambiente (SAPERS e DOUGLAS, 1987).

Tabela 6 - Equações de regressão para as coordenadas da cor de abacaxi desidratado

Embalagem	Equações de regressão		
	Coordenada L*	Coordenada a*	Coordenada b*
PT	Os dados experimentais não se ajustaram a nenhum dos modelos testados	$\hat{y}=3,18+0,075^{**}X$ $R^2=0,94$	$\hat{y}=32,42-0,17^{**}X$ $R^2=0,99$
PA	$\hat{y}=51,54-0,13^{**}X=47,86$ $R^2=0,48$	$\hat{y}=4,09+0,064^{**}X$ $R^2=0,90$	$\hat{y}=31,40-0,17^{**}X$ $R^2=0,85$
PVDT	Os dados experimentais não se ajustaram a nenhum dos modelos testados	$\hat{y}=4,25+0,089^{**}X$ $R^2=0,95$	$\hat{y}=33,33-0,19^{**}X$ $R^2=0,95$
PVDA	Os dados experimentais não se ajustaram a nenhum dos modelos testados	$\hat{y}=4,71+0,093^{**}X$ $R^2=0,88$	$\hat{y}=32,73-0,13^{**}X$ $R^2=0,88$

** p<0,05; ns-não significativo (p>0,05); PT-polietileno transparente; PA – polietileno com folha de alumínio; PVDT – policloreto de vinilideno a vácuo transparente; PVDA- policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio

Algumas reações da oxidação podem contribuir para a redução do brilho. De acordo a BOLIN e STEELE (1987) um 60 % - 70% do escurecimento não-enzimático acontece devido a essas reações e somente um 20 % - 30% é devido a reações não oxidativas. A polimerização de compostos fenólicos também é um fator que promove o escurecimento e em consequência a diminuição no valor do coordenada L*.

O resultado esteve de acordo ao obtido por REIS *et al.* (2006) que observaram maior escurecimento de manga desidratada em embalagens de policloreto de vinilideno a vácuo.

A Figura 18 mostra a variação da coordenada a^* nas amostras de abacaxi desidratadas acondicionadas em diferentes tipos de embalagens utilizadas durante armazenagem.

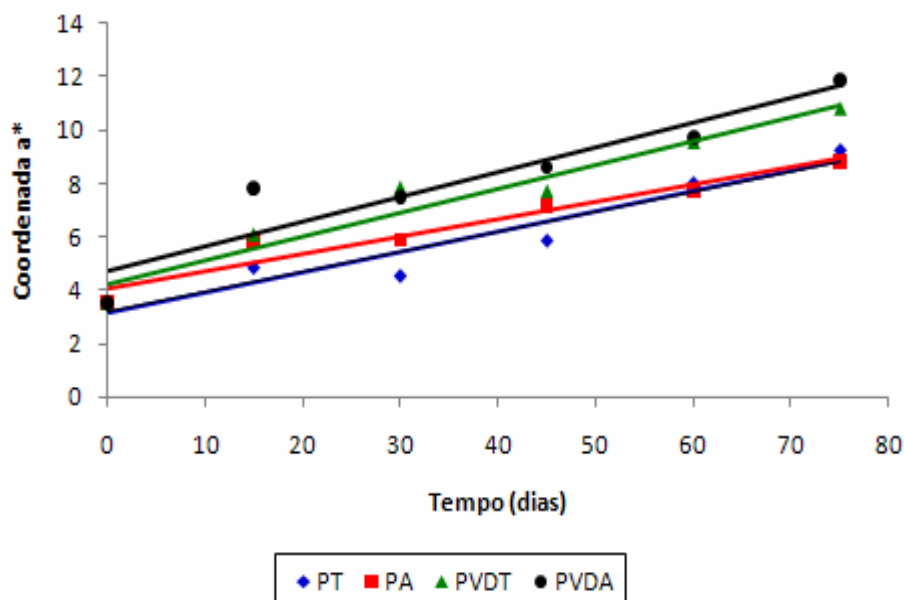


Figura 18 - Variação de coordenada a^* (intensidade de vermelho) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PVDT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

A intensidade de vermelho (a^*) aumentou durante o tempo de armazenagem para todos os tipos de embalagem. Inicialmente as fatias apresentaram uma cor amarelo claro, após o armazenamento acentuou-se a cor amarelo-vermelhado. Foi mais acentuado em abacaxis desidratados acondicionados em policloreto de vinilideno a vácuo variando de 3,52 a 11,91. As fatias embaladas em polietileno com folha de alumínio apresentaram menores aumentos. A intensificação da cor vermelha também foi observada em abacaxis por GONÇALVES (1998) ao trabalhar com abacaxi *Smooth cayene*.

A Figura 19 mostra a variação da coordenada b^* nas embalagens utilizadas.

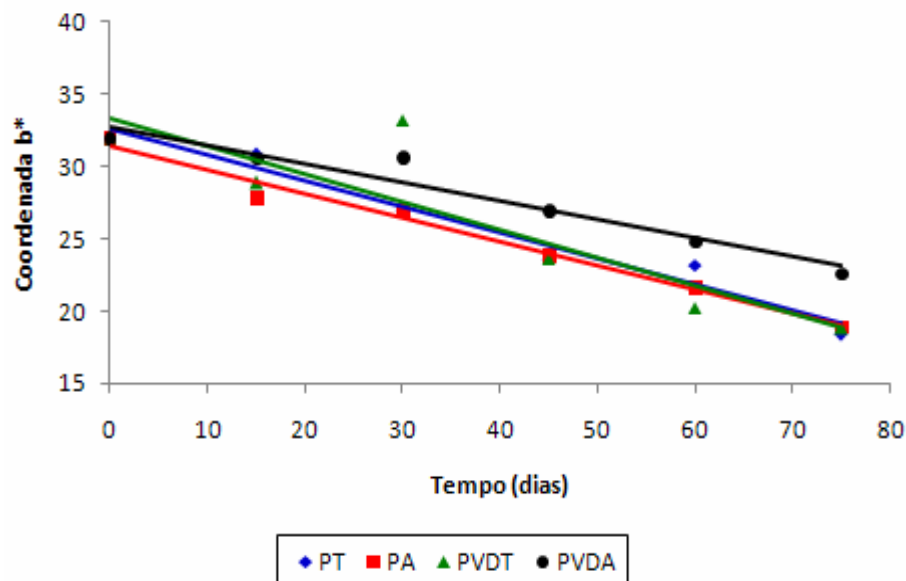


Figura 19 - Variação de coordenada b* (intensidade de vermelho) do abacaxi desidratado a 60 °C e embalado em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) e em policloreto de vinilideno a vácuo (transparente PDVT; e com folha de alumínio PVDA) durante o armazenamento.

A intensidade do amarelo (valor b*) reduziu durante o armazenamento em virtude da degradação de β -caroteno. A redução de intensidade do amarelo obtida na desidratação de abacaxi, está concordância com os resultados obtidos por CANO-CHAUCA, *et al.* (2002) que trabalharam com desidratação de banana e REIS *et al.* (2006) que trabalharam com desidratação de manga. Ambos atribuem tal redução de intensidade amarelo à degradação dos carotenóides.

4.2.2. Efeito das embalagens no armazenamento.

Como já analisado foi observado efeito significativo para os atributos umidade, carotenóides, textura, coordenada a* e atividade de água com relação ao tipo de embalagens (Tabelas 2, 3 e 4). Realizaram-se então as comparações entre as embalagens aplicando-se o Teste de Tukey (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios dos atributos teor de umidade, carotenóides, textura, coordenada a* e atividade de água de abacaxi desidratado armazenados em quatro tipos de embalagens.

Embalagem	Umidade	Carotenoides	Dureza	Coordenada. a*	Aw
PT	21,8 ^a	0,33 ^b	53,4 ^b	6,0 ^c	0,56 ^a
PA	21,9 ^a	0,38 ^{ab}	53,9 ^b	6,5 ^{bc}	0,55 ^{ab}
PVDT	20,1 ^b	0,40 ^a	65,4 ^a	7,6 ^{ab}	0,52 ^c
PVDA	20,4 ^b	0,44 ^a	60,1 ^{ab}	8,2 ^a	0,53 ^{bc}

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey (5%). ; PT- polietileno transparente; PA – polietileno com folha de alumínio; PVT - polivinilcloreto a vácuo transparente; PVA- polivinilcloreto a vácuo com folha de alumínio.

Observa-se na Tabela 7 que para a característica teor de umidade não houve diferença significativa entre as embalagens de polietileno ($P > 0,05$) mas estas diferiram significativamente das embalagens de policloreto de vinilideno a vácuo (PVDT e PVDA), que não se diferenciaram entre si. A perda de umidade foi maior nas embalagens de polietileno, sendo as de policloreto de vinilideno a vácuo, as que melhor conservaram o produto.

Com relação à perda do pigmento, as embalagens de policloreto de vinilideno a vácuo ($P < 0,05$) e polietileno com folha de alumínio (PA) não diferenciaram entre si ($P > 0,05$) mostrando menor perda de carotenóides, em relação à embalagem de polietileno transparente. REIS et al. (2006) trabalhando com manga desidratada encontraram maior perda dos carotenóides em embalagens de polietileno comparados com as embalagens a vácuo.

O abacaxi desidratado embalado em policloreto de vinilideno a vácuo transparente foi o que apresentou o maior valor para dureza, diferenciando significativamente do valor de dureza do abacaxi desidratado embalado em polietileno, ($P < 0,05$). mas não do abacaxi acondicionado em policloreto de vinilideno a vácuo laminado ($P > 0,05$) . Pode-se relacionar com o conteúdo da umidade e de atividade de água, que para este tipo de embalagens foram os que apresentaram menores valores (Tabela 7).

Os abacaxis acondicionados em polietileno transparente (PT), e polietileno com folha de alumínio (PA) não diferenciaram entre si, ($P > 0,05$) com respeito à coordenada a*, mas a fatias acondicionadas em embalagem de polietileno transparente (PT) diferenciaram significativamente das amostras em embalagens de policloreto de vinilideno a vácuo transparente e com folha de alumínio ($P < 0,05$). A

tonalidade vermelha foi menor nas embalagens de polietileno (Tabela 7), conservando melhor a tonalidade clara do produto. A redução na intensidade de vermelho (coordenada a^*) pode ser associada à degradação dos carotenóides.

A Tabela 7 mostra em relação ao teor de atividade de água, que o abacaxi acondicionado em policloreto de vinilideno a vácuo transparente (PVDT), diferenciou significativamente dos abacaxis embalados em polietileno transparente e com folha de alumínio ($P < 0,05$), mas não do abacaxi acondicionado em policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio ($P > 0,05$). Pode explicar-se o comportamento, pelo baixo teor de umidade das embalagens em policloreto de vinilideno a vácuo durante todo o tempo de armazenamento. As embalagens de polietileno permitem o aumento da atividade de água, enquanto que, os de policloreto de vinilideno a vácuo conservaram melhor o produto.

4.2.3. Avaliação microbiológica durante o armazenamento

O produto desidratado foi analisado quanto a contaminação microbiológica de coliformes totais, de fungos filamentosos e leveduras. A media dos resultados está apresentado na Tabela 8.

Os resultados das análises do produto armazenado após de 75 dias evidenciaram baixo número de microorganismos. A contagem de coliformes totais e fecais foi menor que 3 NPM/g e de $6,8 \times 10^2$ UFG/g (máximo valor obtido para embalagem de polietileno PA dos 75 dias) para fungos filamentosos e leveduras, respectivamente. Fato que esta de acordo com os padrões microbiológicos exigidos em relação a coliformes totais e fecais (<10 NMP/g) e de fungos filamentosos e leveduras ($2,3 \times 10^3$ UFC/g) para frutas desidratadas e liofilizadas segundo ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001).

Tabela 8 - Médias das análises de coliformes totais e fungos filamentosos e leveduras do abacaxi desidratado nos tempos zero, 15, 30, 60 e 75 dias de armazenamento.

Tempo	Embalagens	Coniformes totais (NMP)/g	Fungos filamentosos e leveduras (UFG/g)
Zero	-	< 2	$1,7 \times 10^2$
15 dias	PT	< 3	$1,9 \times 10^2$
	PA		$2,6 \times 10^2$
	PVDT		$1,2 \times 10^2$
	PVDA		$1,4 \times 10^2$
30 dias	PT	< 3	$4,3 \times 10^2$
	PA		$3,9 \times 10^2$
	PVDT		$1,8 \times 10^2$
	PVDA		$2,3 \times 10^2$
60 dias	PT	< 3	$3,5 \times 10^2$
	PA		$2,8 \times 10^2$
	PVDT		$4,1 \times 10^2$
	PVDA		$2,7 \times 10^2$
75 dias	PT	< 3	$5,7 \times 10^2$
	PA		$6,8 \times 10^2$
	PVDT		$3,9 \times 10^2$
	PVDA		$3,2 \times 10^2$

4.2.4. Avaliação sensorial

Os atributos sensoriais textura, cor, sabor e impressão global, foram avaliados por 50 consumidores. Para o tempo zero os resultados se mostram em porcentagens das notas na Figura 20.

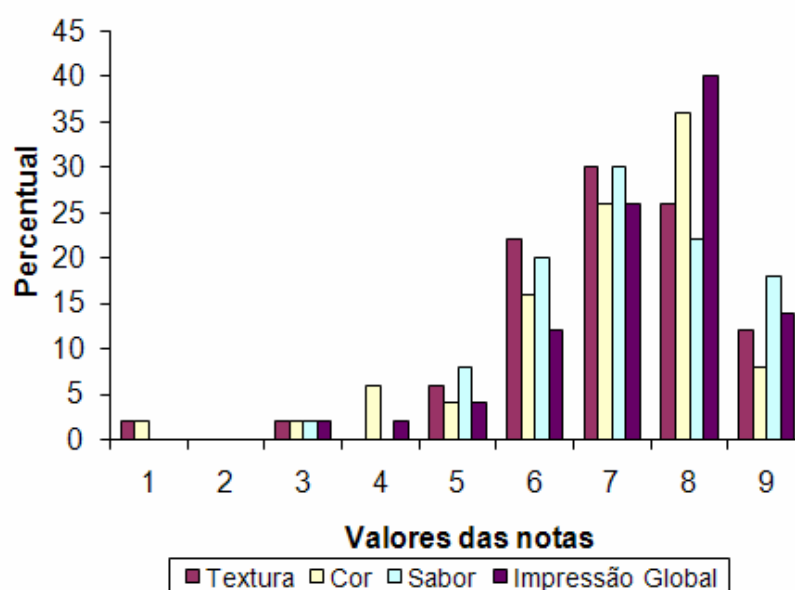


Figura 20 - Valores percentuais das notas obtidas da análise sensorial para o tempo zero

Observa-se na Figura 20, que para os atributos textura, cor, sabor e impressão global o maior percentual de aceitação foi entre as notas 7 e 8, que correspondeu a “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Para estudar o efeito da embalagem e do tempo de armazenamento, avaliados após 15, 30, 45, 60 e 75 dias foi realizado análise de variância (ANOVA) dos dados obtidos em os análises sensoriais dos atributos dureza, cor, sabor e impressão global.(Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância, da análise sensorial dos atributos dureza, cor, sabor e impressão global de abacaxi desidratado acondicionado em diferentes tipos de embalagens durante seu período de armazenamento.

FV	GL	QM			
		Dureza	Cor	Sabor	Imp. Glob.
Embalagem	3	2,7426ns	5,249ns	9,4053ns	5,2783ns
Resíduo (a)	196	2,7098	2,2863	2,5861	2,1190
Tempo	4	5,1815ns	0,3635ns	6,881ns	1,195ns
Embal x Tempo	12	4,5035ns	1,2015ns	2,477ns	1,318ns
Resíduo (b)	784	2,9219	2,5256ns	2,5605	2,2961

*p<0,05; ns-não significativo (p>0,05)

Analisando a Tabela 9 da ANOVA das análises sensoriais, não foi observado efeito significativo do tempo, embalagem e interação embalagem-tempo. Isso quer dizer que os provadores não treinados não conseguiram detectar diferenças significativas para as variáveis dureza, cor, sabor e impressão global nas amostras de abacaxi desidratado acondicionadas em diferentes embalagens durante seu período de armazenamento ($P>0,05$).

Na Tabela 10 mostram-se as médias obtidas das análises sensoriais por cada embalagem em cada atributo testado.

Tabela 10. Média das notas obtidas pelos testes sensoriais para os atributos dureza, cor, sabor e impressão global de abacaxi embalado em quatro tipos de embalagens (PT-polietileno transparente; PA-polietileno com folha de alumínio; PVDT-policloreto de vinilideno transparente a vácuo e PVDA-policloreto de vinilideno a vácuo com folha de alumínio)

Embalagem/ Atributo	Dureza	Cor	Sabor	Impressão Global
PT	6,22 $\pm$ 0,42	6,25 $\pm$ 0,25	6,22 $\pm$ 0,41	6,29 $\pm$ 0,25
PA	6,21 $\pm$ 0,39	6,28 $\pm$ 0,17	6,66 $\pm$ 0,3	6,51 $\pm$ 0,19
PVDT	6,13 $\pm$ 0,41	6,37 $\pm$ 0,11	6,46 $\pm$ 0,43	6,41 $\pm$ 0,26
PVDA	5,99 $\pm$ 0,12	6,06 $\pm$ 0,16	6,40 $\pm$ 0,38	6,18 $\pm$ 0,08

As Figuras 21, 22, 23 e 24 mostram a médias dos valores dos atributos dureza, cor, sabor e impressão global obtidos do análises sensorial durante os tempos de armazenamento.

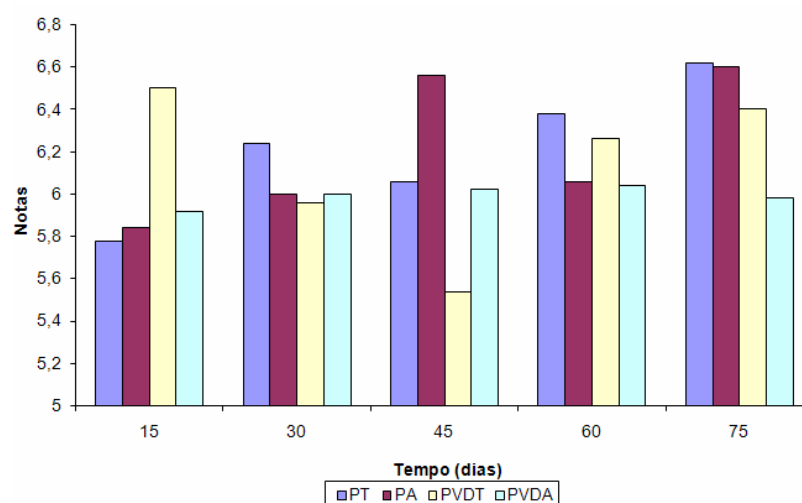


Figura 21 - Médias dos valores do atributo dureza durante os tempos de armazenamento.

Note-se que o maior valor de média de dureza (Tabela 10) é para o abacaxi embalado em polietileno transparente (PT), que aos 30, 60 e 75 dias (Figura 21) obtivera a preferência maior. Pode ser explicado então em que aumentou a umidade contribui a menor dureza do produto, em concordância com os resultados obtidos nas análises físico-químicas de umidade e dureza (Figuras 10 e 16).

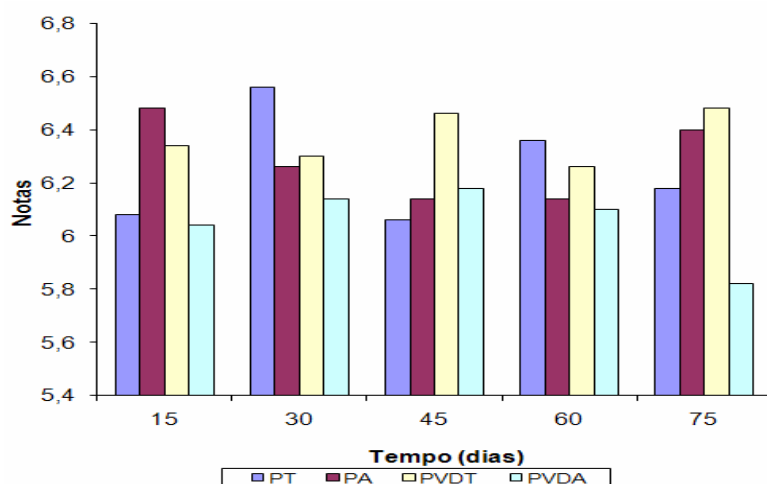


Figura 22 - Médias dos valores do atributo cor durante os tempos de armazenamento.

O maior valor de média da cor dado pelos provadores foi para o abacaxi embalado em policloreto de vinilideno transparente a vácuo (PVDT) (Tabela 10), e com preferência em os 45 e 75 dias de armazenamento (Figura 22). Nas análises físico-químicas, foi a embalagem que contribuiu para manter melhor a tonalidade amarela e também foi a embalagem que apresentou menor perda de carotenóides (Figuras 14 e 18).

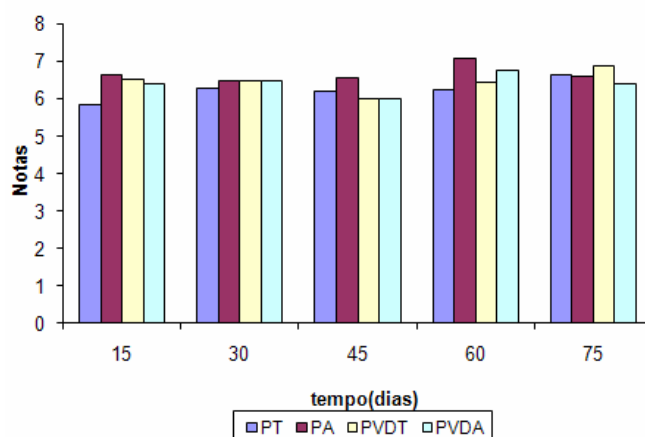


Figura 23 - Médias dos valores do atributo sabor durante os tempos de armazenamento

O maior valor de média para atributo sabor nas análises sensoriais, foi obtido para abacaxi embalado em polietileno transparente com folha de alumínio (PA) (Tabela 10), e com maior preferência em os 15, 45 e 60 dias de armazenamento (Figura 23) que nas análises físico-químicas, obtiveram um teor de acidez médio e uma relação de *Ratio* menor (Figuras 11 e 13).

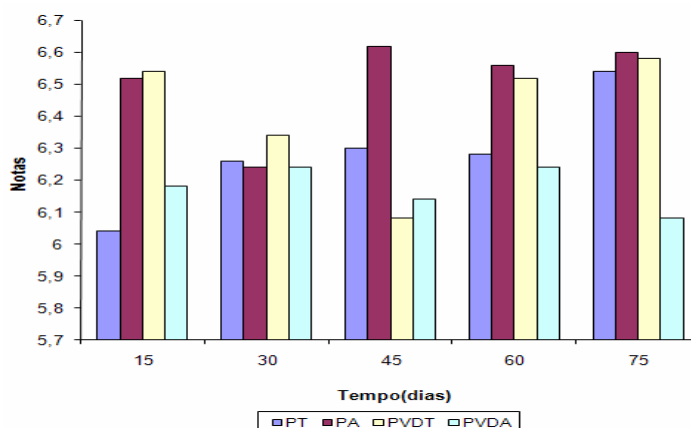


Figura 24 - Médias dos valores do atributo Impressão Global durante os tempos de armazenamento

O maior valor de media para atributo Impressão global nas análises sensoriais foi obtido para abacaxi embalado em polietileno transparente com folha de alumínio (PA) (Tabela 10), e com maior preferência maior em os 15, e 30 dias de armazenamento (Figura 24).

As médias situaram-se entre os termos hedônicos “nem gostei/nem desgostei” e “gostei ligeiramente” indicando uma regular aceitação do produto durante seu armazenamento em diferentes tipos de embalagens testados.

4.3. Curvas de secagem

A Figura 25 mostra as curvas de secagem para as condições dos ensaios experimentais. As curvas estão na forma de razão de umidade (U/U_0), ou seja, a umidade em determinado tempo de secagem dividida pela umidade inicial, ambas expressas em base seca, em função do tempo de secagem expresso em horas.

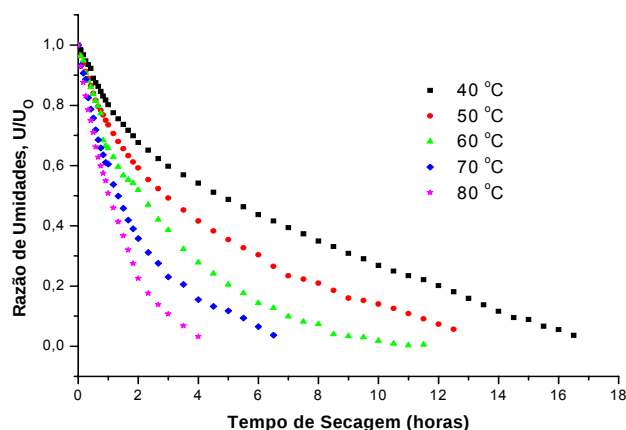


Figura 25 - Curvas de Secagem de abacaxi

Observe-se na Figura 25, que com o aumento da temperatura de ar, ocorre maior taxa de remoção de água do produto, assim a 80 °C o tempo de secagem foi de 4 horas, e a 40 °C o tempo foi de 17 horas. Desta forma, a razão de umidade significa a fração de água que ainda permanece no produto em relação àquela existente no início da secagem. As curvas de secagem são importantes para predizer o tempo de secagem do produto.

As equações de secagem ajustadas aos dados experimentais permitem calcular a perda de umidade com o tempo de secagem e também são utilizadas na modelagem matemática de secagem em diversos tipos de equipamentos.

4.3.1. Modelo de Lewis

$$\frac{U}{U_0} = \exp(-K_0 t) \quad \text{eq. 9}$$

Foi ajustado por meio de regressão não-linear a cada uma das curvas de secagem obtidas experimentalmente. Na Tabela 11 estão relacionados os parâmetros K_0 obtidos para cada temperatura de secagem, bem como os respectivos coeficientes de determinação R^2 .

Tabela 11 - Valores de K_0 , QMR e R^2 obtidos para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Lewis.

T (°C)	K	QMR	R^2
40	0,1488		0,0826
0,982			
50	0,2284		0,0644
0,983			
60	0,3442		0,0214
0,994			
70	0,5097		0,0107
0,995			
80	0,6982		0,0051
0,997			

De acordo com o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,990$), pode-se afirmar que o modelo de Lewis se ajustou bem aos dados experimentais. Também foi investigada a variação do parâmetro K_0 com a temperatura de secagem (T). Verificou-se por meio de análise de regressão que este parâmetro varia linearmente com a temperatura de secagem, ou seja:

$$K = -0,4421 + 0,01380 T \quad \text{eq. 10}$$

$$R^2 = 0,974$$

Esta verificação é importante, pois o desejável é ter um modelo de secagem geral na forma:

$$\frac{U}{U_o} = \exp(- (a + bT) t) \quad \text{eq. 11}$$

Por meio de regressão não-linear este modelo foi ajustado aos dados experimentais obtendo-se:

$$\frac{U}{U_o} = \exp(- (-0,3275 + 0,01173T) t) \quad \text{eq. 12}$$

$$R^2 = 0,987$$

Na Figura 26 são mostradas as curvas de secagem experimentais, bem como as curvas calculadas por meio da equação 12.

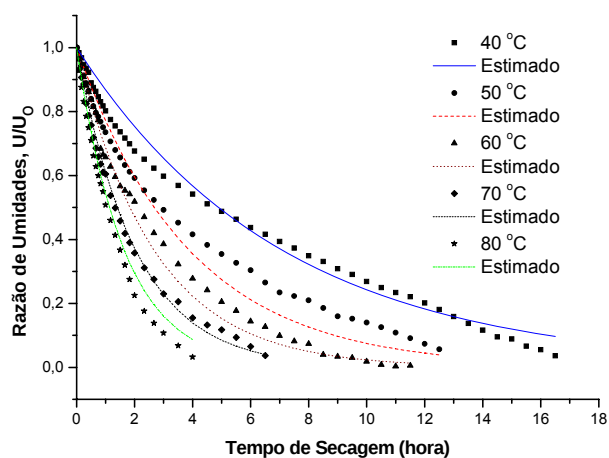


Figura 26 - Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Lewis para diferentes temperaturas.

Pode-se afirmar com base no coeficiente de determinação (R^2) que o modelo de Lewis explica bem as curvas de secagem de abacaxi para as condições experimentais.

4.3.2. Modelo de Page.

$$\frac{U}{U_o} = \exp(-k_i t^n) \quad \text{eq. 13}$$

Foi ajustado por meio de regressão não-linear a cada uma das curvas de secagem obtidas experimentalmente. Na Tabela 12 estão relacionados os parâmetros K_0 e n obtidos para cada temperatura de secagem, bem como os respectivos coeficientes de determinação R^2 .

Tabela 12 - Valores de K_i , n , QMR e R^2 obtidos para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Page.

T (°C)	K_i	n	QMR	R^2
40	0,2031	0,8346	0,0408	0,991
50	0,2959	0,8156	0,0050	0,999
60	0,3667	0,9346	0,0069	0,998
70	0,5332	0,9072	0,0022	0,999
80	0,6936	1,0310	0,0045	0,998

De acordo com o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,993$), pode-se afirmar que o modelo de Page se ajustou muito bem aos dados experimentais. Também foi investigada a variação do parâmetro K_0 com a temperatura de secagem (T). Verificou-se por meio de análise de regressão que este parâmetro varia linearmente com a temperatura de secagem, ou seja:

$$K_i = -0,3125 + 0,01218 T$$

$$R^2 = 0,970$$
eq. 14

Por outro lado, o parâmetro n varia muito pouco com a temperatura de secagem e tem um valor médio de 0,905.

Após verificação da variação de K_i com a temperatura, foi ajustado um modelo geral aos dados experimentais, na seguinte forma:

$$\frac{U}{U_o} = \exp \left(- (e + fT) t^n \right)$$
eq. 15

Obtendo-se:

$$\frac{U}{U_o} = \exp \left(- (-0,2846 + 0,01166 T) t^{0,873} \right)$$

$$R^2 = 0,990$$
eq. 16

Na Figura 27 são mostradas as curvas de secagem experimentais, bem como as curvas calculadas por meio da equação 16.

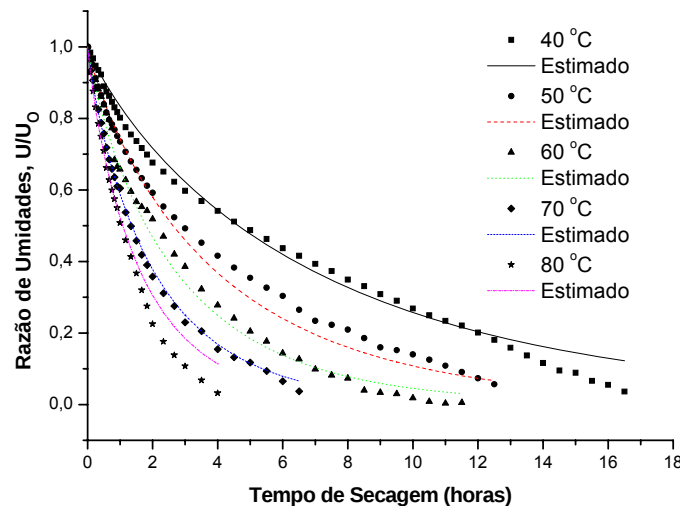


Figura 27 - Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Page para diferentes temperaturas.

Pode-se afirmar com base no coeficiente de determinação (R^2) que o modelo de Page explica bem as curvas de secagem de abacaxi para as condições experimentais.

4.3.3. Modelo de Henderson e Pabis

$$\frac{U}{U_o} = A \exp(-K_o t) \quad \text{eq. 17}$$

Foi ajustado por meio de regressão não-linear a cada uma das curvas de secagem obtidas experimentalmente. Na Tabela 13 estão relacionados os parâmetros de A_o e K_o obtidos para cada temperatura de secagem, bem como os respectivos coeficientes de determinação R^2 .

Tabela 13 - Valores de A_o , K_o , QMR e R^2 para cada uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de Henderson e Pabis.

T (°C)	A	K_o	QMR	R^2
40	0,9429	0,1359	0,0453	0,989
50	0,9313	0,2032	0,0190	0,995
60	0,9755	0,3308	0,0071	0,998
70	0,9702	0,4554	0,0062	0,997
80	0,9982	0,6964	0,0051	0,997

De acordo com o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,990$), pode-se afirmar que o modelo de Henderson e Pabis se ajustou aos dados experimentais. Também foi investigada a variação do parâmetro K_o com a temperatura de secagem (T). Verificou-se por meio de análise de regressão que este parâmetro varia linearmente com a temperatura de secagem, ou seja:

$$K_o = -0,4596 + 0,01373 T \quad \text{eq. 18}$$

$$R^2 = 0,953$$

Por outro lado, o parâmetro A_o varia muito pouco com a temperatura de secagem e tem um valor médio de 0,964.

Foi ajustado um modelo geral aos dados experimentais, na seguinte forma:

$$\frac{U}{U_o} = A \exp(-(c + dT)t) \quad \text{eq. 19}$$

Obtendo-se:

$$\frac{U}{U_o} = 0,9573 \exp(-(-0,3037 + 0,0109T)t) \quad \text{eq. 20}$$

$$R^2 = 0,987$$

Na Figura 28 são mostradas as curvas de secagem experimentais, bem como as curvas calculadas por meio da equação 20.

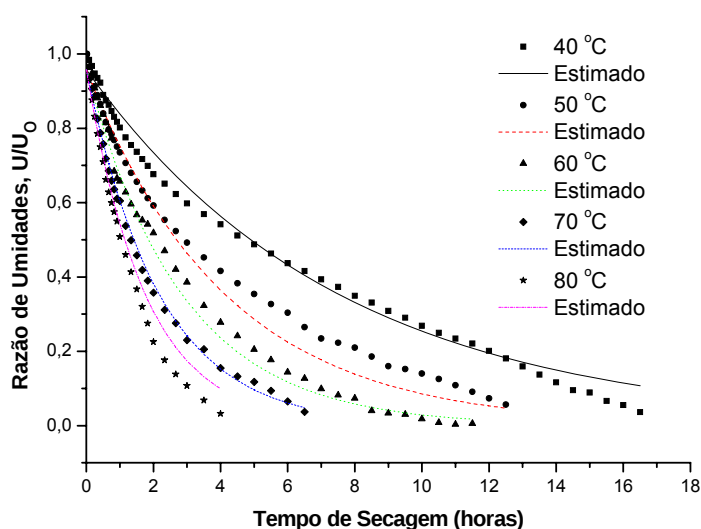


Figura 28 - Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de Henderson e Pabis para diferentes temperaturas.

Pode-se afirmar com base no coeficiente de determinação (R^2) que o modelo de Henderson e Pabis explica bem as curvas de secagem de abacaxi, para as condições experimentais.

4.3.4. Modelo de dois termos.

O modelo de dois termos é dado na seguinte equação:

$$\frac{U}{U_o} = A_0 \exp(-K_1 t) + (1 - A_0) \exp(-K_2 t) \quad \text{eq. 21}$$

Foi ajustado por meio de regressão não-linear a cada uma das curvas de secagem obtidas experimentalmente. Na Tabela 14 estão relacionados os parâmetros de A_0 , K_1 , K_2 e n obtidos para cada temperatura de secagem, bem como os respectivos coeficientes de determinação R^2 .

Tabela 14 - Valores de A_0 , K_1 , K_2 , QMR e R^2 obtidos para uma das temperaturas de secagem de abacaxi - modelo de dois termos.

T (°C)	A_0	K_1	K_2	QMR	R^2
40	0,8667	0,1229	1,2262	0,0280	0,993
50	0,8526	0,1822	1,7796	0,0021	0,999
60	0,9277	0,3120	2,0092	0,0031	0,999
70	0,7456	0,3939	1,1467	0,0018	0,999
80	0,5051	0,6965	0,6999	0,0026	0,998

De acordo com o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,995$), o modelo de dois termos se ajustou muito bem aos dados experimentais. Foi determinada a variação dos parâmetros K_0 e K_1 com a temperatura de secagem (T). Verificou-se por meio de análise de regressão que K_1 varia linearmente com a temperatura de secagem, ou seja:

$$\begin{aligned} K_1 &= -0,4738 + 0,01359 T \\ R^2 &= 0,91 \end{aligned} \quad \text{eq. 22}$$

Em que K_1 , por outro lado, varia com a temperatura de acordo com uma equação parabólica:

$$\begin{aligned} K_2 &= -5,1267 + 0,2482 T - 0,5022 T^2 \\ R^2 &= 0,88 \end{aligned} \quad \text{eq. 23}$$

Com o objetivo de obter-se um modelo geral de dois termos para a faixa de 40 °C a 80 °C, foi ajustado aos dados experimentais o modelo na forma:

$$\frac{U}{U_o} = A_1 \exp(-K_3 t) + (1 - A_1) \exp(-K_4 t) \quad \text{eq. 24}$$

Em que:

$$K_3 = g + hT \quad \text{eq. 25}$$

$$K_4 = i + jT + kT^2 \quad \text{eq. 26}$$

O resultado da análise de regressão mostrou que:

$$A_1 = 0,15282$$

$$K_2 = 0,3294 + 0,9988T \quad \text{eq. 27}$$

$$K_3 = -0,2768 + 0,01012T - 0,00001T^2 \quad \text{eq. 28}$$

com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,981$.

Na Figura 29 são mostradas as curvas de secagem experimentais, bem como as curvas calculadas por meio da equação 28.

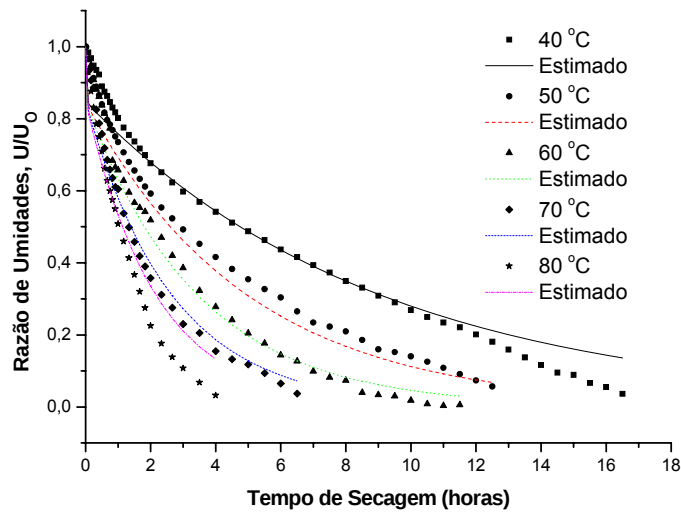


Figura 29 - Curvas de secagem experimentais e estimadas pelo modelo de dois termos em diferentes temperaturas

Pode-se afirmar com base no coeficiente de determinação (R^2) que o modelo de dois termos explica bem as curvas de secagem de abacaxi para as condições experimentais. No entanto, observa-se na Figura 22 que o modelo de dois termos na forma da equação 23, isto é, com K_1 variando com a temperatura de secagem segundo um modelo parabólico, do início, não explica bem as curvas de secagem.

Assim sendo, na tentativa de melhorar o ajuste do modelo de dois termos, foi determinada a variação tanto de K_0 como de K_1 com a temperatura de acordo com um modelo linear, ou seja,

$$\frac{U}{U_0} = A_0 \exp(-K_2 t) + (1 - A_0) \exp(-K_3 t) \quad \text{eq. 29}$$

$$K_2 = g + hT \quad \text{eq. 30}$$

$$K_3 = i + jT + kT^2 \quad \text{eq. 31}$$

Após a análise de regressão não-linear o modelo representado pela equação 29 juntamente com as equações 30 e 31 resultaram que:

$$A = 0,12646$$

$$K_2 = 0,00622 + 0,00155T \quad \text{eq. 32}$$

$$K_3 = -0,41724 + 0,01442T \quad \text{eq. 33}$$

com um coeficiente de determinação R^2 igual a 0,986. Na forma de gráfico comparando-se resultados experimentais e calculados (Figura 30) observa-se que o modelo se ajustou bem aos dados experimentais.

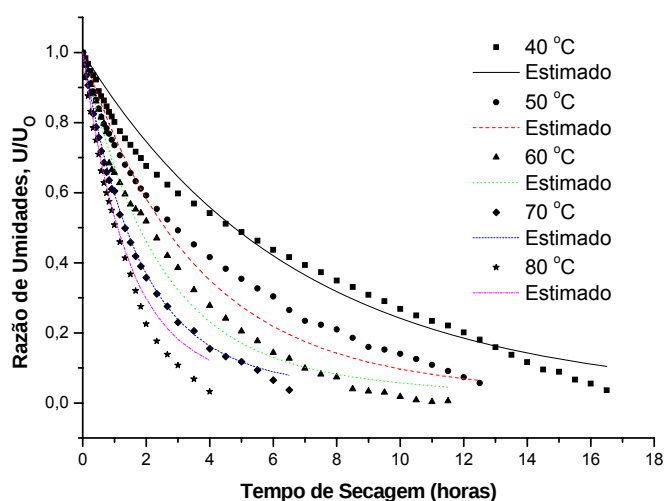


Figura 30 - Curvas de secagens experimentais e estimadas pelo modelo de dois termos com os parâmetros variando linearmente com a temperatura de secagem.

4.3.5. Comparações entre os modelos ajustados

A Tabela 15 apresenta os valores de QMR e R^2 os coeficientes de determinação dos modelos de secagem analisados por temperaturas, para a desidratação de abacaxi em rodela.

Tabela 15. Comparação entre os modelos em cada uma das temperaturas de acordo al coeficiente de determinação R^2 e o quadrado médio do resíduo QMR para secagem de abacaxi

Modelo	Temperatura	QMR	R^2
Dois termos	40	0,03988108	0,991
Page	40	0,04084201	0,991
Henderson e Pabis	40	0,04526311	0,990
Lewis	40	0,08026379	0,982
Page	50	0,00501691	0,999
Dois termos	50	0,01816625	0,995
Henderson e Pabis	50	0,01901305	0,995
Lewis	50	0,06435986	0,983
Dois termos	60	0,00646619	0,999
Page	60	0,00691245	0,998
Henderson e Pabis	60	0,00709923	0,998
Lewis	60	0,02136981	0,994
Page	70	0,00218672	0,999
Dois termos	70	0,00533011	0,998
Henderson e Pabis	70	0,00615129	0,997
Lewis	70	0,01061687	0,995
Dois termos	80	0,00237577	0,999
Page	80	0,00447021	0,998
Henderson e Pabis			
p	80	0,00509618	0,997
Lewis	80	0,00510913	0,997

De acordo com os resultados dos coeficientes de determinação e QMR obtidos, (Tabela 15) pode-se afirmar que todos os modelos podem ser utilizados para estimar a secagem de abacaxi na faixa de temperatura estudada. A baixos valores de QMR observe-se que os valores de R^2 tendem a 1. Ainda, os modelos de Page e exponencial de dois termos apresentam melhor comportamento, todos os modelos avaliados ajustam aos dados experimentais. As equações determinadas podem ser utilizadas na determinação dos tempos de secagem, bem como aplicadas em modelagem e simulação de processos de secagem.

5. CONCLUSÕES

O abacaxi acondicionado nas quatro tipos de embalagens não diferiu em relação do tempo de armazenagem, para as propriedades físico-químicas estudadas.

Houve diferença significativa do tipo de embalagem para os atributos umidade, carotenóides, coordenada a^* e atividade água.

O teor de umidade foi menor das rodela de abacaxi embaladas a vácuo em filmes de polivinilcloreto, aos setenta e cinco dias de armazenamento, constatado sua eficácia como barreira ao vapor de água.

O teor de carotenóides totais foi reduzido ao longo do tempo de armazenamento para todas as embalagens utilizadas. As maiores perdas de carotenóides ocorreram para as rodela embaladas em polietileno.

A maior dureza foi observada para o abacaxi embalado a vácuo em polivinilidenocloreto; nestas embalagens a dureza aumentou com o decréscimo do teor de umidade do produto.

O valor da luminosidade (coordenada L^*) diminuiu no período de armazenagem, para todas as embalagens.

A intensidade de vermelho (coordenada a^*) aumentou durante o tempo de armazenagem.

A intensidade de amarelo (coordenada b^*) reduziu durante o armazenamento para todas as embalagens.

As embalagens utilizadas foram eficientes na conservação das características microbiológicas do produto desidratado.

As embalagens de cloro polivinilideno a vácuo foram as que melhor conservaram as características físico-químicas de abacaxi desidratado.

Os quatro modelos se ajustaram à secagem do abacaxi, para as condições estudadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABACAXI on-Line 2006. Informativo mensal da equipe técnica de abacaxi-ETA. **Embrapa Mandioca e fruticultura**. Vol 3, Número 3- Setembro-dezembro / 2005
- ABREU, C. M. P. **Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento e composição química durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayene**. 1995. 94 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- AGRARIANUAL 2001. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2001. p. 127-135
- AMERICAN PUBLIC HEALTH- APHA. **Compendium of methods of the microbiological examination of foods**. 3rd. ed. London, APHA, 1992. 1219 p.
- ANVISA – Resolução – RDC n. 12, de 2 de Janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério de Saúde, 2001.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of AOAC International. In: **Fruits juices**. 16th edition, vol II, Maryland AOAC International, 1997.
- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH. **Compendium of methods of the microbiological examinations of foods**. 3rd. Ed. London. APHA, 1992.
- AZZOUZ, S., JOMAA, W., BELGHITH, A., **Drying direct equation of simple layer of grapes**. In: International Drying Symposium, 1998. Halkidiki. Greece. Proceeding...Greece: A.S. Mujumdar. 1998
- BARRUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M, N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1988, v. 3, 316 p.
- BILLMEYER, F.W.; SALTZMANN, M. **Principles of color technology**. John Wiley & son. New York. 1981
- BLEINROTH, E.W. Colheita e beneficiamento. In GORGATTI NETTO, A *et al.* **Abacaxi para exportação: Procedimentos de colheita e pos-colheita**.

- Brasília: EMBRAPA-SPI. 1996, 41p (serie de Publicaciones Técnicas FRUPEX,23)
- BOLIN, H.R.; STEELE, R. J. Noenzymatic browning in dried Apple slices during storage. **Journal of Food Science** 52,1654-1657.1987
- BRAVERMAN, J. B. S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. 355p.
- BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of PMant cell walls**. London: Unwin Hyman, 1990, 193p.
- BRISTON, J.H.; KATAN, L. L. **Plastics in contact with food**. 1st. Ed. Food Trade Press Ltda., London u.K. 1974.
- BURGOS, C; VAMARA, F; FARO, Z. **Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A**. Revista de Nutrição. Vol.19 no. 2 Campinas Mar./Apr. 2006
- CABRAL, A. C. D.; ALVIM, D. D. Alimentos desidratados-conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 18, n. 1, p 1-65, 1981.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, M.A.; STRINGHETA, C.P.; MINIM, P.V.; ANDRADE, J.N. **Análisis físico-químico, sensorial y microbiológico de banana pasa**. Servicio de información y Documentación Alimentaria. Alimentaria. Madrid. España. Enero-Febrero. p. 119-122. 2002.
- _____. **Color and texture change during banana drying (Musa ssp nanica)**. Servicio de Información y Documentación Alimentaria. Alimentaria. Madrid. España. Septiembre-Octubre. P. 153-158. 2002.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, M.A.; STRINGHETA, C.P., PEREIRA, J.A.M.; SILVA, I.P. **Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa**. Boletim CEPPA. Vol. 22, no.1. Curitiba Jan/Jun. 2004
- CANTWELL, M. Postharvest handling systems. Minimally processed fruits and vegetables. P.277-281. In: KADER A.A. (ed). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: Univ. of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1992. p. 277-281
- CARBONARI, M.; SIGRIST, J. M.; SARANTOPOULOS, C. I.; FONSECA, E.S. **Influencia do corte e da embalagem em abacaxi minimamente processado**. In ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. Resumos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 3.
- CARLESSO, V.; BERBERT, P., DA SILVA, R., DETMANN, E. **Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo**. Revista brasileira de sementes, vol 29, n^o. 2, p 28-37, 2007

- CARNEIRO, L.; GOMES, F.S; FURTADO, A; MATTA, V; CABRAL, L. **Esterilização a frio e clarificação de suco de abacaxi cv *Smooth cayene***. IV Simpósio Latino de Ciência de Alimentos, 2001, Campinas. Resumo. p 219.
- CARVALHO, A. V. **Avaliação da qualidade de Kiwis cv “Hayward” minimamente processados**. Lavras, MG: UFLA, 2000. 86. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras 2000.
- CARVALHO, V. D.; BOTREL, N. Características da fruta para exportação. In Gorgatti Netto, A. et al. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 23).
- CHITARRA, A.b.; CHITARRA, M.I. F. **Fisiologia pos-colheita de frutas e hortaliças**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 15, São Paulo, 1994. Relatórios dos grupos de Trabalhos, São Paulo: SBCTA, 1994. p.41-56.
- COSTA, J. **Influencia da atmosfera modificada ativa sobre a qualidade do abacaxi “Perola” minimamente processado**. Lavras, M.G. UFLA, 2002. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, 2002.
- COVECA. 2002. **Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria**. Gobierno del Estado de Veracruz, México.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2nd Ed. Clarendon Press. Oxford, London. 1975.
- DAS, J.R.; BHAT, S.G.; GOWDA, L.R. Purification and characterization of indian pineapple fruit. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.6 p.2031-2035, June, 1997.
- DULL, G. G.; The pineapple general. In: A. C. Hulme (ed.). 1971, **The biochemistry of fruits and their products**, Academic Press, New York. vol. 2: p. 303-324
- FELLOWS, P.J. **Food processing technology- Principles and practice**. 2. Ed. New York, 2000. 575p.
- FORTES, M.; OKOS, M.R. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. In: Mujumdar, A.S. **Advances in drying**. Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1980.
- FREIRE JR., M. **Efeito da temperatura de armazenamento e influencia da atmosfera modificada na qualidade das alfaces hidropônico cv. Regina minimamente processada**. Lavras, MG: UFLA, 1999 120p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1999.

- GIACOMELLI, E.J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 79p.
- GIL, M.; AGUAYO, E.; KADER, A. Quality Changes and Nutrient Retention in Fresh-Cut versus Whole Fruits during Storage In: **Journal Agricola Food Chemistry**. 54, pag 4284-4296. 2006.
- GONTARD, N. Active packaging. In: SOBRAL, P.J.A.; CHUZEL, G., eds. **Workshop sobre biopolímeros**. Pirassununga, FZEA, 1997. p. 23-27.
- GONÇALVES, N.B. (Org.) **Abacaxi: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2000. cap. 2, p.13-27 (Frutas do Brasil, 5).
- GONÇALVES, N. B.: **Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi c.v. Smooth cayenne**. 1998, 101p. Teses (Doutorado em Ciências dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- GONTARD, N. Active packaging. In: SOBRAL, P.J.A.; CHUZEL, G., eds. **Workshop sobre biopolímeros**. Pirassununga, FZEA, 1997. p. 23-27, N.
- HERNANDEZ, J.A; PAVON, G., GARCIA, M.A. Analytical solution of mass transfer equation considering shrinkage for modeling food- drying kinetics. **Journal of food engineering**, v. 45, p. 1-10p, 2000.
- HOTCHKISS, J.H. Safety considerations in active packaging. In: ROONEY, M.L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 238-255.
- IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores. Sidra**. 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Adolfo Lutz, 1985. v.1,332 p.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOOD. **Ecologia microbiana de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1980. v.1, 332 p.
- JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**. 3 ed. Zaragoza: Acribia, 1994. p 423-430.
- JAYARAMAN, K. S., DAS GUPTA, D.K . Dehidratation of fruits and vegetables. Recent developments in principiPmes and techniques. **Drying Technol.**, v. 10, n.1, p. 1-50, 1992.
- KASATKIN, A. **Operaciones básicas y aparatos en la tecnología química**. T.I. pág 262-366, 1

- KNOULE, F. **El secado**. Bilbao. Ediciones Urno. 1968. pág 50-150.
- LABUZA, T.P. An introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, v. 50, n. 1, p. 68-71, 1996
- LIMA, L. C. **Armazenamento de maçãs cv Royal Gala sob refrigeração e atmosfera controlada**. Lavras, MG. UFLA, 1999. 96p. Tese (mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras. Lavras. 1999
- LOZANO, J.E., IBARZ, A. **Thixotropic behaviour of concentrated fruit pulps**, *Lebensm-wiss u. – Technol*, v. 27(1), p.16-18, 1994.
- MASSAUD, F. C. **Simulação de secagem de cenoura (*Daucus carota* L.) em secador de bandeja**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- MAUPOEY, P. ANDRES, A., BARAT, J., ALBORS, A. **Introducción al secado de alimentos por aire caliente**. Valencia. Universidad Politecnica de Valencia. U.P.V 2003.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi: Cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Ver. Ampl. Campinas: ITAL, 1987. P. 1-110 (ITAL. Serie frutas tropicais).
- MELONI, P. L. S. **Estudos dos parâmetros operacionais na secagem de cenoura (*Daucus carota* l.)**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- MOLICA, E. M., **Avaliação dos parâmetros envolvidos na produção de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) desidratado**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PANCHARIYA, P.C., POPOVIC, D., SHARMA, A. L. **Thin-layer modeling of black tea drying process**. Journal of Food Engeninerig, No. 52: 349-357. 2002.
- PANTASTICO, E. B. Chilling injury. In: PANTASTICO, E. B. (Ed) **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. Cap. 17. p.339-362.
- PARK, K. J., BIN, A., REIS, P. **Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica** In Ciênc. Tecnol. Aliment. v.21 n.1 Campinas jan./abr. 2001.
- PEREIRA, A. S., **Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. Viçosa, MG. UFV. 2002. Teses (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

- PETTERS, J.W. **The packaging Encyclopedia**. Packaging Engineering Cahners Publication, Denver Col., 1985
- PRADO, M.E.T.; VILAS BOAS, E.V. de B.; SANTOS, J.C.B.; PINHEIRO, A.C.M.; MATTOS, L.M.; ARAÚJO, F.M.M.C.; CHITARRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.M. **Influência do hipoclorito de sódio sobre a qualidade de abacaxis minimamente processados**. In: Encontro Nacional sobre Processamento de Frutas e Hortaliças. 2., 2000, Viçosa. Resumos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.5.
- QUEIROZ, D., PEREIRA, J., MELO, E. **Modelos matemáticos de simulação de secagem de grãos**. Curso de simulação matemática de secagem em altas e baixas temperaturas. Centro Nacional de treinamento em armazenagem. CENTREINAR. Viçosa, MG. 55p. 2005.
- REIS, C., R.; RAMOS, A.M.; REGAZZI, A.J.; MINIM, V.P.R.; STRINGUETA, P.C. **Almacenamiento de mango secado: Análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial**. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Somenta. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de los alimentos. V5(3).p: 214-225. 2006
- SAEG – Sistema Para Análise Estatística e Genética. 2000. Viçosa, MG: UFV/CPD, 2000.
- SANDI, D. et al., Avaliação da qualidade sensorial de suco de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* var *flavicarpa*) submetido à pasteurização e armazenamento. **Bol. Centro Pesquisa de Processamento de Alimentos**, V21 n1, p 141-158, jan-jun., 2003.
- SANTIAGO, M. M. D; ROCHA, M. B. **O mercado de frutas e as estimativas dos preços recebidos pelos fruticultores no Estado de São Paulo, 1990 - 2000**. São Paulo, 2001.
- SANTOS, J.C.B. **Influencia da atmosfera modificada ativa sobre a qualidade do abacaxi “Perola” minimamente processado**. Lavras, MG: UFL, 2002. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, 2002.
- SAPERS, G. M.; DOUGLAS, F. W. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in the juice of raw apple and pear fruits. **Journal of Food Science** 52, 1258-1263. 1987.
- SARANTOPOULOS, C.I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001, 215p.
- SARZI, B.; DURIGAN, J. R.; DURIVAL O. **Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi-‘Pérola’**. Rev. Bras. Frutic. [online]. 2002, vol. 24, no. 2 [citado 2006-12-04], pp.

- SOUCL, S.W.; FACHACHMANN W.; KRAUT. **Food Composition and Nutrition Tables**. 6th revised and comPMeted edition. Medpharm Scientific Publishers. Germany. 2000.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília. EMBRAPA/SPI, 1998.505 p.
- THÉ, P. M. P. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química de abacaxi cv.*Smooth cayene L.*. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 356-363, mar./abr., 2001.
- TREYBALL, R.B. **Drying. Mass Transfer Operations**. New York: McGraw-Hill, 1998, p. 569-575.
- VIGYAZO -VAMOS, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. In: ROBINSON, D. S., ESKIN, N.A.M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- YAM, K.L.; LEE, D.S. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce. In: ROONEY, M.L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 55-73.
- ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging for fresh produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p. 70-77, 1988.