

MILTON NOBEL CANO CHAUCA

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE ENVOLVIDOS NA
DESIDRATAÇÃO DA BANANA (*Musa spp. nanica (AAA)*)

Tese 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
2000

MILTON NOBEL CANO CHAUCA

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE ENVOLVIDOS NA
DESIDRATAÇÃO DA BANANA (*Musa spp. nanica (AAA)*)

Tese 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: 14 de fevereiro de 2000.

Prof^ª. Valéria Paula R. Minim
(Conselheira)

Prof. Paulo César Stringheta
(Conselheiro)

Prof. Nélio José de Andrade

Prof. José Antonio M. Pereira

Prof. Afonso Mota Ramos
(Orientador)

Aos meus familiares, em especial aos meus pais David Cano e Armanda Chauca.
Ao meus irmãos David, Edgar, Tito, Violeta e Jakeline.
Aos meus amigos.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela minha existência.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela qual tenho muito respeito e admiração, pela acolhida.

Ao Professor Afonso Mota Ramos, pela brilhante orientação, pela competência, pela amizade, pelo profissionalismo e por acreditar nas potencialidades de seus orientados.

Ao Professor Paulo César Stringheta, pelo valioso apoio técnico, moral e logístico na realização do presente trabalho.

À Professora Valéria Paula Rodrigues Minim, pela atenção, pelo aconselhamento e pelas sugestões no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Professor José Antonio Marquez Pereira, pela ajuda, pela amizade e pela colaboração e participação na banca examinadora de defesa da tese.

Ao Professor Nélio José de Andrade, pelo valioso apoio e pela participação na banca examinadora de defesa de tese.

Aos trabalhadores do Laboratório de Pigmentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da UFV Dona Lúcia Santana e Valério, pela preciosa colaboração.

Aos trabalhadores da Fábrica do DTA Adão, Valente, Geraldo e Raimundo, pela amizade e pela colaboração.

Aos professores do DTA, pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do programa.

A todos os meus colegas e amigos da UFV, que, sem dúvida, tiveram importância fundamental no meu crescimento profissional.

Aos meus pais David Cano e Armanda Chauca por serem os autores desta grande conquista.

Aos meus irmãos David, Edgar, Tito, Violeta, Jakeline pelo valiosos apoio moral e econômico no decorrer do programa.

Aos meus colegas peruanos Abraham Giraldo, Wilmer Luera e Edwin Garcia, pela amizade e pelas alegrias e tristezas compartilhadas no decorrer do Programa.

À minha querida amiga Raquel Duarte, pela preciosa ajuda em todos os momentos do meu viver.

BIOGRAFIA

Milton Nobel Cano Chauca, filho de David Cano Aguirre e Armanda Chauca Martinez, nasceu no distrito de Cascajal, Província do Santa, Departamento de Ancash-Peru, em 25 de junho de 1971.

Em julho de 1997, concluiu o Curso de Engenharia Agroindustrial pela Universidad Nacional del Santa, em Chimbote-Peru.

Em março de 1998, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de Processamento de Produtos Vegetais da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, Brasil, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2000.

CONTEÚDO

EXTRATO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Matéria-prima: origem, definição, espécies e <i>habitat</i>	4
2.1.1. Transformações químicas da banana no amadurecimento.....	5
2.1.1.1. Carboidratos.....	5
2.1.1.2. Textura.....	7
2.1.1.3. Cor.....	8
2.1.1.4. Umidade.....	8
2.1.1.5. Acidez orgânica.....	8
2.1.1.6. Sólidos totais solúveis.....	9
2.1.1.7. Sais minerais.....	9
2.1.1.8. Proteínas.....	9
2.1.1.9. Vitaminas.....	10
2.1.1.10. Componentes voláteis.....	10
2.1.1.11. Enzimas.....	11
2.2. Banana seca, ou banana passa.....	11
2.3. Desidratação.....	16
2.3.1. Princípio de secagem.....	16

2.3.2. Fatores que influenciam a desidratação de frutas	19
2.4. Papel da atividade de água (Aa) no produto desidratado	20
2.4.1. Conceito da atividade de água	20
2.4.2. Atividade de água e as reações químicas e enzimáticas	21
2.4.3. Atividade de água e a estabilidade microbiológica	22
2.5. Pré-tratamentos de frutas e vegetais	23
2.6. Parâmetros de qualidade em alimentos desidratados	24
2.6.1. Cor	25
2.6.2. Textura	27
2.7. Alimentos de umidade intermediária	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Local do experimento.....	32
3.2. Equipamento utilizado no experimento.....	32
3.3. Produção de banana passa.....	33
3.3.1. Matéria-prima.....	35
3.3.2. Lavagem.....	35
3.3.3. Seleção.....	35
3.3.4. Descascamento.....	36
3.3.5. Tratamentos.....	36
3.3.6. Secagem.....	37
3.3.7. Condicionamento.....	38
3.3.8. Embalagem e armazenagem.....	38
3.4. Análise físico-químicas.....	38
3.4.1. Determinação do teor de umidade	38
3.4.2. Determinação da acidez total titulável.....	39
3.4.3. Determinação dos valores de sólidos solúveis totais.....	39
3.4.4. Determinação dos valores de pH.....	39
3.4.5. Determinação da relação sólidos solúveis totais-acidez total titulável.....	39
3.4.6. Determinação do comprimento e do diâmetro.....	39
3.5. Análises instrumentais de textura, cor e atividade da água.....	40
3.5.1. Análise de textura.....	40
3.5.2. Análise de cor.....	41
3.5.3. Análise da atividade da água.....	41

3.6. Análise microbiológica.....	41
3.7. Análise sensorial.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Caracterização físico-química da matéria-prima	44
4.2. Caracterização físico-química do produto desidratado	46
4.3. Avaliação da curva de secagem	48
4.4. Avaliação da cor durante a secagem	50
4.4.1. Comportamento da coordenada “L”	51
4.4.2. Correlação entre a coordenada “L” e o teor de umidade.....	52
4.4.3. Comportamento da coordenada “a”	54
4.4.4. Comportamento da coordenada “b”	56
4.5. Avaliação da textura durante a secagem	57
4.5.1. Textura em função do tempo de secagem.....	57
4.5.2. Variação da textura com o teor de umidade	58
4.6. Avaliação da atividade da água.....	60
4.6.1. Avaliação da atividade da água em função do tempo de secagem.	61
4.6.2. Variação da atividade de água com o teor de umidade.....	62
4.7. Avaliação microbiológica	64
4.8. Avaliação sensorial	65
5. RESUMO E CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

EXTRATO

MILTON NOBEL, Cano Chauca, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2000. **Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação de banana (*Musa spp. nanica (AAA)*)**. Orientador: Afonso Mota Ramos. Conselheiros: Paulo César Stringheta e Valéria Paula Rodrigues Minim.

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de minimizar a carência de informações sobre a desidratação de banana (banana passa), baseando-se no controle de qualidade de cor, textura e atividade de água, assim como em curvas de secagem. Os objetivos foram estabelecer as curvas de secagem de banana desidratada (banana passa), utilizando-se uma velocidade constante do ar de secagem (1,5 m/s), nas temperaturas de 50, 60 e 70°C; e determinar o teor de umidade ideal para obter um produto estável de umidade intermediária com teor de umidade de 20-25% b.u. e atividade de água entre 0,60 e 0,84. Analisou-se o efeito da temperatura de secagem (50, 60 e 70°C) sobre os parâmetros de qualidade de cor e textura da banana. Os resultados indicaram que a menor alteração na cor ocorre à temperatura de secagem de 50°C, e à maior a temperatura de secagem de 70°C. A textura variou ao longo do processo de secagem, atingindo valores de força de corte no final do processo de 1,37; 1,48; e 1,43 kgf nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C, respectivamente. A atividade de água varia ao longo do tempo

de secagem, apresentando valores ao final dos processos de 0,76; 0,70; e 0,69, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C, respectivamente. Os resultados da caracterização físico-química da banana "in natura" e desidratada e após um período de 30 dias de armazenamento evidenciaram que os valores obtidos da banana "in natura" foram similares aos apresentados na literatura, entretanto, após secagem e armazenagem, tiveram ligeira variação quanto a acidez, pH e cor. A análise sensorial da banana após secagem foi realizada através do teste de aceitação, utilizando-se a escala hedônica de nove pontos, que apresentou boa aceitabilidade sensorial nas três temperaturas utilizadas. As médias situaram-se entre os termos hedônicos "gostei moderadamente" e "gostei muito". A análise microbiológica da banana após a secagem e depois de 30 dias de armazenamento apresentou baixo número de microrganismos, sendo, quanto a bolores e leveduras, menor que 10 UFC/g e, quanto a coliformes totais e fecais, menor que 3NMP/g.

ABSTRACT

MILTON NOBEL, Cano Chauca, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November, 2000. **Evaluation of quality parameters involved in banana dehydration (*Musa ssp. nanica* (AAA)) production.** Adviser: Afonso Mota Ramos. Committee members: Paulo César Stringheta and Valéria Paula Rodrigues Minim.

The present research has been developed with the purpose of minimizing the lack of information about banana dehydration (raisin banana), based on the control of color quality texture and water activity, in the same way that in drying curves. The objective were to establish the drying curves of dehydrated banana (raisin banana), using a constant speed of the drying air (1,5 m/s) in the temperatures of 50, 60 and 70°C, and to determine the ideal moisture to obtain a stable product of intermediate moisture, with water content of 20-25% b.u. and water activity between 0,60 and 0,84. The effect of drying temperatures (50, 60 and 70°C) has been analysed on the quality parameters of color and texture of the banana. The results showed that the least alteration on the color occurs a the temperature of 50°C and the greatest at temperature of 70°C. The texture varied during the drying process, reaching values of cutting force in the end of the process of 1,37; 1,48; and 1.43 kgf in the drying temperatures of 50, 60 and 70°C, respectively. The water activity varies all along the drying period, showing values at the end of the process of 0,76; 0,70

and 0,69 in the drying temperatures of 50, 60 and 70°C, respectively. The results of the physical chemical characterization of the banana “in nature” and dehydrated and after period of 30 days of storage showed that the values obtained of the banana “in nature” were similar to those showed in literatures, however, after drying and storage, they has light variation as for the acidness, pH and color. The sensorial analysis of the banana after drying was achieved through the accepting test, using the hedonic scale of nine points, which showed good sensorial aceptability in the three temperatures used. The means look place among the hedonic terms “liked it moderately” and “liked it much”. The microbiological analysis of the banana after drying and after 30 days of storage showed low number of microorganioms, being as for mold and yeast, lower than 10 UFC/g. and as for the total and fecal coliforms lower than 3 NMP/g.

1. INTRODUÇÃO

As frutas são de grande importância em todo o mundo, no que se refere aos aspectos social, econômico e alimentar. A fruticultura possibilita a exploração intensiva de áreas produtivas, tornando-as lucrativas. Além disso, utiliza elevada quantidade de mão-de-obra, constituindo-se numa fonte geradora de empregos não somente na produção, como também no armazenamento, no processamento e na comercialização de frutas (FACHINELLO et al., 1995). A falta de técnicas adequadas de pós-colheita, transporte e armazenamento desses produtos, que são altamente perecíveis, ocasiona grandes perdas de frutas. Nos países emergentes, as perdas de alguns produtos são estimadas em 50% (CHITARRA e CHITARRA,1990). A realidade brasileira não é diferente, pois, desde o produtor até o consumidor, a magnitude das perdas é considerável. Esse fato evidencia a urgente necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer caminhos para conservar esses alimentos extremamente perecíveis.

Uma das técnicas de preservação de alimento mais antigas e utilizadas pelo homem é a remoção de umidade dos alimentos através do processo de secagem. Em comparação com outros métodos de conservação em períodos longos, como a refrigeração e a apertização, ou tratamentos químicos, dentre outros, a desidratação é de custo mais baixo e de operação mais simples.

A banana é uma fruta tropical largamente cultivada no Brasil, proporcionando-lhe o segundo lugar na produção mundial, com área cultivada

de mais de 500 mil ha. No entanto, as perdas desse produto são estimadas em 40% do volume total da produção (AGRIANUAL, 1999). Apesar de ser colhida em quantidade e qualidade praticamente iguais ao longo do ano e ser extremamente perecível, deve ser consumida até 25 dias após a colheita. Isso justifica a aplicação de métodos de conservação do excedente.

A produção brasileira de banana no ano de 1998 foi cerca de 9.200 toneladas, e tem-se mantida estável nos últimos anos, com pequenos incrementos de 3,23% (AGRIANUAL, 1999; ANUÁRIO..., 1997). O Brasil é um dos maiores produtores e tem sua produção voltada para o consumo local, com menos de 0,02% do volume destinado à exportação (FAO, 1995). Minas Gerais é o quarto estado maior produtor de bananas, com uma produção no ano de 1995 de 45 milhões de cachos, representando cerca de 7,97% do volume total da produção brasileira (ANUÁRIO..., 1997).

Dentre os processos de aproveitamento industrial, a produção de banana passa é uma das mais indicadas, uma vez que requer baixo investimento inicial, com perspectivas de lucratividade compatível com o investimento e com o mercado interno, que tem-se mantido estável nos últimos anos. No entanto, o mercado de exportação permanece praticamente inexplorado pelo Brasil (PRODUÇÃO..., 1995).

A banana passa é comercializada há anos no mercado internacional, em quantidades que podem ser consideradas limitadas. O total do produto comercializado pelos maiores países importadores, como os Estados Unidos, a Alemanha, a França, o Reino Unido e os Países Baixos, não chega a 2.000 toneladas por ano. O produto comercializado no mercado internacional é considerado de qualidade razoável, de aspecto pouco atrativo, sendo, muitas vezes, rejeitado devido a problemas de contaminações microbiológicas, ação enzimática, reações químicas e degradação física do produto (PRODUÇÃO..., 1995).

Dentre os fatores que têm dificultado a expansão desses mercados, ressalta-se a baixa qualidade da maioria dos produtos comercializados, sem padrões definidos, comprometendo, muitas vezes, a sua imagem perante o consumidor. Por sua vez, dentre os fatores que têm concorrido para a continuidade dessa situação, destacam-se o pouco de conhecimento técnico

dos fabricantes e a escassez de informações disponíveis relacionadas à industrialização (TRAVAGLINI et al., 1993).

Em razão desses problemas apresentados no setor, foi proposto como objetivo geral desta pesquisa estudar alguns parâmetros relacionados com a produção de banana passa, visando obter um produto estável e de boa qualidade e que também satisfaça as exigências de mercado.

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- Obter as curvas de secagem para determinar a cinética do processo de secagem.
- Determinar a atividade de água do produto ao longo do processo de desidratação.
- Analisar a variação da textura e da cor do produto ao longo do tempo de secagem.
- Determinar os efeitos da temperatura de secagem sobre os atributos de cor e textura do produto final (banana passa).
- Avaliar a aceitabilidade sensorial da banana passa obtida.
- Analisar o produto final mediante a análise microbiológica.
- Analisar a aceitação do produto mediante a análise sensorial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Matéria-prima: origem, definição, espécies e *habitat*

A banana (*Musa* spp) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais (MOTA et al., 1997). A polpa de banana possui, principalmente, carboidratos, que proporcionam boa quantidade de energia (100 cal por 100 gramas). A banana é mediana fonte de vitaminas A, B₁, B₂ e C e fruta consumida amplamente em volume, perdendo apenas para o leite. Em países como Costa Rica e Honduras, a banana representa 25% do total das exportações (CANO et al., 1997).

Quanto ao seu aproveitamento pelo homem, na antiguidade tem-se conhecimento de que foram algumas de suas espécies as primeiras por ele utilizadas como alimento. Os registros históricos mais antigos sobre a cultura da banana provêm da Índia (BANANA..., 1995).

A primeira introdução da bananeira no Novo Mundo ou, mais precisamente, em São Domingo, em 1516, feita pelo frei Tomas de Berlanga, proveio das Ilhas Canárias, para onde os navegantes portugueses a haviam levado da África Ocidental, mais ou menos em 1482. Em relação ao Brasil, ao que se sabe, a “banana” foi aqui encontrada pelos primeiros emigrados; há boas descrições sobre a banana nativa do Brasil, denominada “pacoba” pelos indígenas. Segundo descrições, a pacoba corresponde à atual banana-figo (BANANA..., 1995). A banana pertence ao gênero *Musa* da família das

musaceas, e bananas comestíveis são, em sua maioria, híbridos de espécies selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, que possuem os genomas AA e BB, respectivamente. Essas duas espécies férteis cruzaram-se no estado selvagem, e mutações diversas originaram os diplóides (AA, AB), triplóides (AAB, ABB), ou tetraplóides (AAAA, ABBB). Recentemente, tem surgido uma nova denominação para a banana: primeiro o nome do cultivar, seguido do gênero mais a indicação do grupo (*Musa* (grupo AAA, subgrupo Cavendish)). Os diferentes cultivares de banana diferem em características como tamanho, forma, cor de pele e sabor (CANO et al., 1997). Segundo SAMSOM (1980), o grupo triplóide AAA, AAB e ABB são os mais importantes comercialmente.

2.1.1. Transformações químicas da banana no amadurecimento

As transformações que ocorrem na constituição da banana durante a maturação têm sido objeto de constantes estudos nos diversos centros de pesquisa do mundo. Procurou-se obter resultados satisfatórios do comportamento da fruta em todo o processo, desde o transporte até a sua maturação. É sabido que todo tecido vivo, vegetal ou animal, possui determinadas substâncias químicas, em reduzidas quantidades, denominadas enzimas, que atuam sobre muitos processos vitais de crescimento e desenvolvimento. Praticamente, cada transformação na aparência, textura e composição química da banana no amadurecimento deve-se, direta ou indiretamente, à ação de determinadas enzimas (BANANA..., 1995).

2.1.1.1. Carboidratos

Uma das mudanças bioquímicas mais acentuadas que ocorrem durante o amadurecimento da banana corresponde à hidrólise do amido e ao acúmulo de açúcares. De maneira geral, aproximadamente 20-25% do peso da polpa do fruto verde fresco é amido, que, durante o amadurecimento, é quase todo hidrolisado, permanecendo apenas 1-2% no fruto completamente maduro. Os açúcares, normalmente de 1 a 2% do peso da polpa de frutos verdes frescos, aumentam para a faixa de 15 a 20% no fruto maduro. Porém, esses teores parecem variar conforme o cultivar (MOTA et al., 1997).

Os teores de amido e sacarose são apresentados no Quadro 1 e os teores de açúcares solúveis, no Quadro 2.

Quadro 1 - Teores (%) de amido e sacarose observados nos frutos verdes e maduros de sete cultivares de banana (*Musa spp.*)

Cultivar	Teores de Amido		Teor de Sacarose	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Nanica (AAA)	21,7	0,9	0,4	15,2
Nanição (AAA)	23,1	0,9	0,4	14,1
Ouro-colatina (AA)	22,0	1,2	0,4	12,0
Prata-ana (AAB)	18,7	2,5	1,3	9,1
Prata-comum (AAB)	17,4	5,2	0,9	16,0
Ouro-da-mata (AAAB)	21,17	7,1	0,5	10,7

Fonte: MOTA et al. (1997).

Quadro 2 - Teores (%) de açúcares solúveis observados nos frutos maduros de sete cultivares de banana (*Musa spp.*)

Cultivar	Glicose	Frutose	Sacarose	Açúcares Solúveis
Nanica (AAA)	2,7	2,7	15,2	20,6
Nanição (AAA)	3,2	2,9	14,0	20,1
Ouro-colatina (AA)	3,3	3,4	12,0	18,7
Prata-ana (AAB)	2,4	2,4	9,1	13,9
Prata-comum (AAB)	1,8	1,7	16,0	19,5
Ouro-da-mata (AAAB)	3,0	2,7	10,7	16,4

Fonte: MOTA et al. (1997).

2.1.1.2. Textura

A polpa da banana é composta de grande quantidade de pequenas células. Na banana verde, cada uma dessas células possui uma rígida membrana, composta principalmente de substâncias insolúveis, conhecida como protopectina; internamente, encontram-se numerosos grãos sólidos de amido. Na maturação, a protopectina é parcialmente transformada, pela ação de enzimas, em pectina solúvel, da qual resulta o amolecimento das células da membrana. Ao mesmo tempo, o amido é transformado pelas enzimas em açúcares solúveis, que começam a se dispersar na matéria sólida do interior da célula, formando uma massa semi-sólida. Assim, por meio das alterações químicas que amolecem a membrana da célula, dissolvendo parcialmente o seu conteúdo, a banana verde e dura se torna macia e saborosa durante a maturação (BANANA..., 1995).

2.1.1.3. Cor

A casca de banana apresenta coloração que vai do verde ao amarelo na sua fase de maturação, o que é devido à ação da clorofila, da xantofila e do caroteno. Porém, dois outros pigmentos são encontrados no protoplasma da célula: os flavonóides e as antocianinas, estando os demais pigmentos nos plastídios. A quantidade de clorofila na fruta verde é de 52 a 103 mg por kg de casca. A quantidade de xantofila tem demonstrado ser maior que a do caroteno, estando entre 5 e 7 mg por kg de casca, enquanto este último se acha presente na proporção de 1,5 a 3,5 mg. No decorrer da maturação, a clorofila é gradualmente destruída pela ação enzimática, e assim o caroteno e a xantofila se tornam cada vez mais evidentes com o progresso da maturação. As variações no processo de maturação fazem com que a rapidez da perda da cor verde seja maior ou menor, dependendo do efeito da atividade enzimática (BANANA..., 1995).

2.1.1.4. Umidade

Durante a maturação, a umidade da polpa aumenta ligeiramente, devido às transformações que os carboidratos sofrem, visto que ocorre a hidrólise do amido. O teor de umidade da polpa de banana verde é, em geral, em torno de 70%, que é elevado para cerca de 75% quando o fruto está completamente maduro (BANANA..., 1995).

2.1.1.5. Acidez orgânica

A banana caracteriza-se por apresentar baixa acidez quando verde, mas esta aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. De modo geral, a acidez cresce proporcionalmente com a velocidade da hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana. Considera-se que na banana verde o ácido oxálico predomina sobre os ácidos málico e cítrico, porém este último diminui com a maturação, dando lugar ao ácido málico, que se torna o mais importante. Contudo, inúmeros

outros ácidos orgânicos são encontrados na banana, mas em proporções muito reduzidas, portanto de pouco significado, como os ácidos tartárico, succínico, piroglutânico, glicérico e glicólico.

O pH da banana verde varia de 5,0 a 5,6 e da fruta madura, de 4,2 a 4,7. Dentro desses limites, podem ocorrer variações entre os diferentes cultivares (BANANA..., 1995).

2.1.1.6. Sólidos totais solúveis

Os sólidos solúveis aumentam rapidamente com a maturação da fruta, em decorrência da degradação do amido em açúcares solúveis. De modo geral, os sólidos solúveis aumentam até um máximo de 27%, tendo pequena diminuição quando a fruta já está muito madura (apresenta pintas pretas) (MARTIN et al., 1966).

2.1.1.7. Sais minerais

Tem-se encontrado na banana quantidade muito grande de sais minerais, com destaque, em maior proporção, em 100 mg de matéria seca, para os seguintes: potássio (350 a 400 mg), fósforo (25 a 30 mg), cálcio (8 a 10 mg), sódio (40 a 50 mg) e magnésio (25 a 35 mg), dentre outros, em menor quantidade, como ferro, manganês, iodo, cobre, alumínio e zinco. Com a maturação da fruta, os sais minerais apresentam pequena variação, sendo sempre um pouco maior nas bananas verdes do que nas maduras (BANANA..., 1995).

2.1.1.8. Proteínas

As proteínas estão presentes em baixa percentagem, sendo representadas pela albumina e globulina, com a possibilidade da presença de glutelina, proteases, prolamina e outras frações não identificadas (BANANA..., 1995). Com relação aos aminoácidos das proteínas (fração insolúvel), não há grandes variações durante o desenvolvimento e o amadurecimento da fruta. De modo geral, na fração solúvel, a asparagina, a glutamina e a histidina são as

substâncias predominantes, seguindo-se, em abundância, os ácidos aspártico, γ -amino butírico, α -alamina e pipercolico. A pirolina e a tirosina têm sido constatadas apenas em alguns extratos de banana madura (SGARBIERI, 1968).

2.1.1.9. Vitaminas

Análises químicas da banana evidenciaram que esta não é somente rica em carboidratos, fornecendo energia, mas que também é alimento de alto valor nutritivo, contendo elevadas proporções de vitaminas e sais minerais. Sabe-se que na banana a vitamina C atinge teor máximo (0,15 a 0,2 mg por 100 g de matéria seca) na primeira fase de maturação, isto é, quando a coloração é verde-amarelada, decrescendo rapidamente à medida que vai surgindo a cor amarelada (0,1 a 0,11 mg). Atinge a proporção mais baixa quando a fruta apresenta manchas marrons na casca, ocorrendo, porém, o inverso com a vitamina "A" (BANANA..., 1995).

Encontram-se ainda na banana madura, em 100 g de matéria seca: neurina, ou tiamina ou vitamina B1, na proporção de 0,40 a 0,60 mg; e riboflavina, ou vitamina B2, no teor de 0,80 a 0,90 mg, além de outras vitaminas, que estão presentes em menor percentagem, como a niacina (BANANA..., 1995).

2.1.1.10. Componentes voláteis

Inúmeros são os componentes voláteis encontrados na banana, constituídos de aldeídos e cetonas, bem como de ésteres e álcoois (metílicos, etílicos e isoamílicos), que, somados ao agradável sabor, tornam a banana fruta de alta qualidade (BANANA..., 1995).

O alto conteúdo de metanol na banana parcialmente madura é atribuído ao aumento de atividade da pectinesterase durante esse período. Quanto aos ésteres, de modo geral as variações na quantidade de cada um durante a maturação seguem a mesma tendência de variação dos álcoois correspondentes (BANANA..., 1995).

2.1.1.11. Enzimas

Na banana são encontradas as seguintes enzimas: peroxidase, fenolase, catalase e oxidases do ácido ascórbico. Deve-se levar em consideração, dentre as enzimas da banana, a invertase, que transforma a sacarose em açúcares redutores. Essa enzima é de grande atividade quando a polpa é desintegrada e deixada em repouso por muito tempo antes de receber o tratamento térmico, causando a inversão de sacarose e aumento sensível dos açúcares redutores, o que irá afetar as características do produto final (BANANA..., 1995).

2.2. Banana seca, ou banana passa

A banana passa é obtida através da secagem natural ou artificial da banana madura. É produzida mais comumente a partir da banana-nanica e da banana-nanicão. Trata-se de produto industrializado em pequena escala, cujo volume de comercialização nacional é desconhecido. As indústrias nacionais, a maioria de porte caseiro, utilizam técnicas tais que o produto obtido é de coloração bem escura, consistência firme e sabor pouco perceptível de banana (BANANA..., 1995).

Segundo TRAVAGLINI et al. (1993), a utilização de técnicas adequadas pode levar à obtenção de produto de coloração clara, consistência macia e sabor agradável.

A banana passa caracteriza-se por elevado teor de açúcares. Pode ser classificada entre os produtos de elevado valor alimentício, facilmente assimilável, constituindo boa fonte de energia ativa. Seu valor energético pode ser comparado ao das tâmaras (316 cal/100 g) e ao dos figos (300 cal/100 g); 125g de banana seca por dia bastariam para cobrir um quarto das necessidades alimentícias de um menino de 10 anos, em valor energético, glícides, magnésio, vitamina PP, prótidos de origem vegetal, potássio, ferro e magnésio. Ainda cobririam, aproximadamente, um oitavo das necessidades de fósforo, cloro, zinco e vitamina C (BANANA..., 1995).

No Quadro 3, apresenta-se a composição da banana seca, citada por vários autores.

Quadro 3 - Composição da banana seca, segundo vários autores

Determinações	1	2	3	4
Valor calórico	292	316,85	345	-
* Água	-	13	23,20	23,20
* Proteína	4,20	3,0	4,97	3,33
* Lipídios	1,20	1,25	0,56	-
* Açúcares	66,0	73,40	67,04	65,17
* Pectina	-	-	0,30	-
* Celulose	-	3,55	1,30	-
** Cinzas	-	2,37	-	3,02
** Enxofre	3	-	-	-
** Fósforo	90	-	80,04	-
** Cloro	300	-	-	-
** Sódio	9	-	50,12	-
** Potássio	1.140	-	854,50	-
** Magnésio	105	-	23,34	-
** Cálcio	21	-	35,30	-
** Ferro	1,80	-	-	-
** Zinco	0,69	-	0,43	-
** Cobre	0,66	-	0,39	-
** Manganês	2,10	-	1,09	-
** Ácido ascórbico	3,50	--	2,67	-
** Ácido nicotínico	2,90	-	-	-
Relação Ca/P	0,23		0,43	

* Valores em g/100 g.

** Valores em mg/100 g.

Fonte: BANANA... (1995).

Apesar de ser considerada a fabricação desse produto um objetivo de utilizar refugos ou descartes de material de exportação da fruta ao natural, a escolha da matéria-prima é importante, pois dela vai depender a qualidade do produto final. O estágio de desenvolvimento ideal da fruta é $\frac{3}{4}$ gorda, ou seja, de 34 a 36 mm de diâmetro (PRODUÇÃO..., 1995; BANANA..., 1995).

Segundo TRAVAGLINI et al. (1993), o estágio de maturação adequado ao processamento da banana passa se situa no nível 7, descrito no Quadro 4. Nesse nível, a fruta apresenta um mínimo de amido e um máximo de açúcares,

sem, porém, apresentar manchas translúcidas e pardas na polpa, como é o caso do estágio correspondente ao nível 8, o qual proporciona ao produto seco aspecto manchado, pouco atrativo.

Quadro 4 - Escala de maturação da banana, de acordo com o aspecto e os teores de amido e de açúcar

Aspecto da fruta	Amido %	Açúcar %
1 Fruta verde	21,5 a 19,5	0,1 a 2,0
2 Fruta verde com traços amarelos	19,5 a 16,5	2,0 a 5,0
3 Fruta mais verde que amarela	18,0 a 14,5	3,5 a 7,0
4 Fruta mais amarela que verde	15,0 a 9,0	6,0 a 12,0
5 Fruta amarela, extremidade verde	10,5 a 2,5	10,0 a 18,0
6 Fruta inteiramente amarela	4,0 a 1,0	16,5 a 19,0
7 Fruta amarela com pequenas manchas pardas	2,5 a 1,0	17,5 a 19,0
8 Fruta amarela com grandes manchas pardas	1,5 a 1,0	18,5 a 19,0

Fonte: TRAVAGLINI et al. (1993).

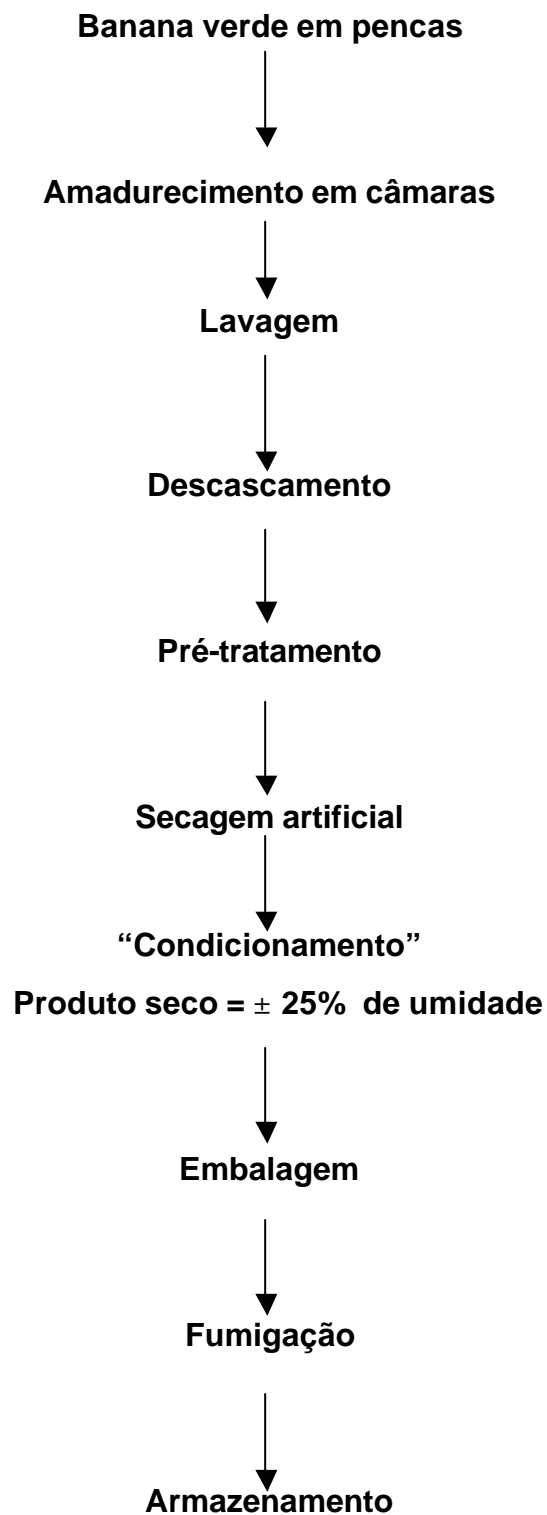
Uma vez selecionada e após a maturação adequada, a fruta é descascada para a produção de banana passa. O processo de descascamento é feito manualmente, desconhecendo-se qualquer processo mecânico para tal fim. As frutas, uma vez descascadas, são distribuídas em bandejas de madeira ou de aço inoxidável, em camada única, na proporção de 8 a 10 kg/m² (BANANA..., 1995).

Antes da secagem, as frutas recebem tratamento com antioxidante, que evitará o seu escurecimento pela ação das enzimas durante a secagem e, conseqüentemente, alterações de sabor e de aroma. Melhores resultados são alcançados com a utilização do anidrido sulfuroso (SO₂). Esse produto pode ser aplicado na forma gasosa, em câmaras especiais, onde a polpa é exposta à ação do SO₂ gasoso, proveniente de botijões ou sublimação do enxofre produzido pela queima. Para conseguir bons resultados, a concentração do gás e o tempo de retenção na câmara deverão ser tais que o teor residual de SO₂ no produto final seja em torno de 100 ppm (TRAVAGLINI et al., 1993).

Geralmente, a secagem é conduzida até um ponto em que o teor de umidade do produto atinja cerca de 20 a 25%. O controle do ponto final de secagem pode ser feito de maneira prática, pela observação da cor e da consistência ou, ainda, medindo-se a perda do peso do produto (BANANA..., 1995).

O produto, uma vez seco, é acondicionado em caixas ou tambores, durante tempo suficiente para ser sujeito a uma uniformização da umidade. Em seguida, é acondicionado em embalagens individuais para comercialização. Das diversas embalagens testadas, a que melhor resultado apresentou foi a de celofane especial. O acondicionamento do produto embalado em caixas de papelão pode auxiliar ainda mais na preservação da cor do produto, pois evita a ação da luz, visto que esta acelera o escurecimento (PRODUÇÃO..., 1995).

Na Figura 1, mostra-se o fluxograma de processamento da banana passa. O rendimento é de cerca de 17% em produto com umidade final em torno de 25% (BANANA..., 1995).



Fonte: BANANA... (1995)

Figura 1 - Fluxograma do processamento da banana seca, ou banana passa.

2.3. Desidratação

Produtos agrícolas como frutas e vegetais são considerados meios capilares porosos. Sempre que um meio capilar poroso contiver umidade e estiver sujeito a qualquer dos gradientes de concentração ou a todos eles, pressão parcial de vapor, temperatura, pressão total e campos de força externa ocorre transferência simultânea de energia e massa. Quando traz como consequência a remoção da umidade, esse fenômeno é denominado desidratação (DANTAS, 1986).

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, normalmente significa remoção da umidade de sólido por evaporação e tem por objetivo assegurar a conservação de fruta por meio da redução do seu teor de água. Essa redução deve ser efetuada até um ponto, onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes seja suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de microrganismos. Deve ainda conferir ao produto final características organolépticas próprias e preservar ao máximo o seu valor nutricional (TRAVAGLINI et al., 1993).

2.3.1. Princípio de secagem

A secagem é um processo que consiste na eliminação de água de um produto por evaporação, com transferência de calor e massa. É necessário fornecimento de calor para evaporar a umidade do produto, bem como um meio de transporte para remover o vapor de água formado na superfície do produto a ser secado. O processo de secagem pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio mais utilizado na secagem comercial, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto. Durante o processo de secagem, a umidade migra do interior para a superfície do produto, de onde se evapora para o ambiente (ATHIÉ et al., 1998).

Segundo SILVA (1995), na secagem, a retirada da umidade é obtida pela movimentação da água, por uma diferença de pressão de vapor da água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve. A condição

para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a superfície do produto (P_g) seja maior do que a pressão do vapor da água no ar de secagem (P_a).

Os produtos alimentícios podem ser desidratados por processos baseados na vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos (CABRAL e ALVIM, 1981). Os métodos de desidratação utilizados em maior escala são os que têm como base a exposição do alimento a uma corrente de ar aquecido, com a ressalva de que a transferência de calor do ar para o alimento se dá basicamente por convecção (TRAVAGLINI et al., 1993).

O ar quente é mais empregado, por ser facilmente disponível e mais conveniente na instalação e operação de secadores, e o seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas (CRUESS, 1973). O princípio básico de secagem, quando se utiliza o ar como meio de secagem, está no potencial de secagem do ar ambiente aquecido, que é forçado na massa do produto que serve a duas finalidades:

- **Conduzir calor para o produto:** a pressão de vapor de água do alimento é aumentada pelo aquecimento do produto, facilitando, assim, a saída de umidade. Parte do calor do ar de secagem proporciona aumento da temperatura do produto (calor sensível), e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida no produto (calor latente).

- **Absorver umidade do produto:** aumentando a temperatura do ar ambiente, a sua umidade relativa diminui e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade aumenta.

O ar serve, ainda, como veículo para transportar a umidade removida do produto para o ambiente. Incluem-se nesses processos a secagem ao sol e a secagem realizada em secadores de bandejas, de túnel, de leito fluidizado e de atomizadores (DANTAS, 1986). Normalmente, o processo de secagem apresenta um período de razão constante e um ou mais períodos de razão decrescentes (SILVA, 1995).

a) Período de razão constante

Quando o produto estiver completamente úmido no início da secagem, a água escoar na fase líquida em um gradiente hidráulico. Há decréscimo nos diâmetros dos poros e capilares e, conseqüentemente, decréscimo de volume do produto aproximadamente igual ao volume da água evaporada. Esse período não é observável em produtos agrícolas, porque, ao se iniciar a secagem, estes geralmente já se encontram no período de razão decrescente.

b) Primeiro período de razão decrescente

À medida que a secagem prossegue, o teor de umidade decresce e a água na fase líquida faz a ligação entre as partículas sólidas (produto), formando as pontes líquidas. Um escoamento de água na fase de vapor pode ocorrer simultaneamente. A temperatura do produto atinge valores superiores ao da temperatura de bulbo úmido.

c) Segundo período de razão decrescente

A água nos gargalos dos poros pode migrar, arrastando-se ao longo das paredes capilares ou evaporando e condensando, sucessivamente, entre as pontes líquidas. A pressão parcial de vapor decresce, e a contração de volume do produto continua, porém em menor intensidade.

d) Terceiro período de razão decrescente

A secagem ocorre no interior do produto. O teor de umidade de equilíbrio é atingido quando a quantidade de água evaporada se iguala à quantidade condensada.

2.3.2. Fatores que influenciam a desidratação de frutas

Segundo TRAVAGLINI et al. (1993), os fatores que influenciam a desidratação de frutas são:

- Temperatura do ar de secagem.
- Umidade relativa do ar de secagem.
- Fluxo do ar.
- Forma e tamanho do material.
- Características do produto.

Temperatura. 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.

Fluxo do ar. A taxa de evaporação é diretamente proporcional à velocidade do ar de secagem, principalmente na fase inicial. Entretanto, ela não deve ultrapassar 3 m/s, no caso da banana, pois exigiria a utilização de ventiladores de maior potência, com maiores custos de investimentos e operacionais, o que não é compensado pela redução proporcional no tempo de secagem. Isso porque, na maior parte do ciclo de secagem, a taxa de evaporação não depende da velocidade do ar e está limitada pela velocidade de difusão de água do interior para a superfície da fruta.

Umidade relativa. 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, para a qual esta não deve ser maior que 70% para realizar o processo de secagem.

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 contacto, ele facilita a migração de umidade de forma mais rápida e diminui o tempo de secagem.

Característica 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, dentre as quais se considera a porosidade como a mais importante.

2.4. Papel da atividade de água (A_a) no produto desidratado

2.4.1. Conceito da atividade de água (A_a)

A atividade de água é uma das propriedades mais importantes para processamento, conservação e armazenamento de alimentos. Ela quantifica o grau de ligação da água contida no produto e, conseqüentemente, a sua disponibilidade para agir como solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA, 1977).

A medida de A_a é de fundamental importância, uma vez que, por meio dela, podem ser previstas reações de oxidação de lipídios, escurecimento não-enzimático, atividade enzimática e desenvolvimento de microrganismos, assim como o comportamento de misturas de alimentos com diferentes atividades de água, visando escolher os sistemas adequados de sua embalagem (GOMEZ, 1992).

Segundo TRAVAGLINI et al. (1993), a atividade da água (A_a) pode ser definida pela equação.

$$Aa = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (1)$$

em que P_v (pascal) é a pressão parcial de vapor da água no alimento a dada temperatura e P_{vs} (pascal) é a pressão de vapor de água saturada na mesma temperatura do alimento.

A escala de atividade de água de qualquer produto é de 0 a 1, e no estado de equilíbrio existe igualdade entre a pressão parcial de vapor de água no ar e da água do produto. Dessa forma, podem-se utilizar as isotermas de adsorção e dessorção de umidade de cada produto para conduzir a secagem até estabelecer a umidade final ou a atividade de água do produto, tal que garanta nas condições de estocagem (temperatura e umidade relativa do ar) a integridade biológica do produto.

2.4.2. Atividade de água e as reações químicas e enzimáticas

A água é um dos principais componentes da maioria dos alimentos e pode exercer diversas funções importantes em suas características físicas e químicas, como: solvente (componente adsorvido), plastificante e reagente (QUAST e TEIXEIRA, 1975).

A velocidade de algumas transformações químicas e enzimáticas, como função da A_a do alimento, foi demonstrada esquematicamente. Em valores baixos de A_a ($A_a < 0,4$), a água está fortemente ligada e geralmente não disponível nas reações deteriorantes, com exceção da oxidação química dos lipídios, que é fortemente incrementada em valores de $A_a < 0,2$ (maior exposição dos grupos reativos). Em valores de A_a maiores que 0,6, pequenas alterações na A_a correspondem, na maioria dos casos, a um aumento considerável na velocidade de algumas dessas transformações. Com relação ao crescimento de microrganismos, em geral os bolores são os mais tolerantes a um decréscimo da A_a do que as leveduras e estas, mais do que as bactérias (LABUZA, 1977).

2.4.3. Atividade de água e a estabilidade microbiológica

O desenvolvimento microbiano nos alimentos é condicionado por diversos fatores ambientais como temperatura e umidade relativa, denominados extrínsecos, e por fatores intrínsecos, sendo os principais a atividade de água, o pH, o potencial redox e a composição do alimento (LEITÃO, 1987).

Segundo GRIJSPAARDT-VINK (1994), um fenômeno crucial na tecnologia de obstáculos é a homeostase dos microrganismos. Homeostase é a constante tendência dos microrganismos em manter a estabilidade e o balanço uniforme do seu ambiente interno. Por exemplo, os conservadores funcionam como obstáculo, que pode causar distúrbios em um ou mais mecanismos homeostáticos, fazendo com que o microrganismo não se multiplique, tornando-se inativo e, em alguns casos, provocando sua morte. De fato, a preservação dos alimentos é alcançada pelo distúrbio da homeostase dos microrganismos, e a melhor maneira para fazer isso é alterando, deliberadamente, vários mecanismos homeostáticos simultaneamente.

O crescimento da maioria das bactérias e fungos está concentrado em valores de A_a acima de 0,90. Porém, os microrganismos de maior importância na preservação dos alimentos incluem aqueles que podem crescer em valores de baixa A_a ou de alta concentração de solutos, que são conhecidos como halófilos, xerófilos e osmófilos. Os halófilos, geralmente bactérias, requerem certas concentrações de cloreto de sódio para o seu crescimento. Xerofílicos, leveduras e fungos são aqueles que podem crescer mais rapidamente em condições drásticas, ou seja, de $A_a < 0,85$, e os osmófilos são aqueles capazes de crescer em altas pressões osmóticas; muitas vezes, referem-se às leveduras, que são tolerantes ao açúcar e são utilizadas como sinônimo de xerófila (TORREZAN et al., 1997).

UBOLDI (1997) destacou *Zygosaccharomyces bailii* como a levedura de maior risco para a estabilidade biológica e a qualidade do alimento ácido ou com elevados teores de açúcar, pela sua elevada tolerância aos conservadores químicos, baixos valores de pH, A_a , concentrações moderadas de etanol 70% de glicose e 10% de cloreto de sódio. A sua deterioração é evidenciada pela produção de odores e sabores desagradáveis, formação de películas na

superfície, produção de gás, alteração na textura, na cor ou na formação de limo. Essa autora salientou que, se não houver boas práticas de higiene e sanitização, esta levedura pode instalar-se em diversos equipamentos da linha de produção.

2.5. Pré-tratamentos de frutas e vegetais

As frutas, em sua maioria, devem ser tratadas antes da desidratação para manter boa aparência e prevenir o escurecimento e perdas do sabor e da vitamina C. O pré-tratamento de frutas pode ser realizado com ácido ascórbico, solução de água e sal ou por exposição das frutas a vapor produzido pela queima de enxofre (BENNION, 1995).

Segundo BRADFORD et al. (1993), a preparação do material a desidratar mediante tratamentos químicos é utilizada com as seguintes finalidades:

- Preservar a cor natural das frutas e prolongar a armazenagem.
- Retardar as perdas de vitamina C e pró-vitamina A.
- Prevenir a deterioração microbiana.
- Contribuir para uma melhor evaporação pela ruptura das células periféricas.

Estudos realizados para o controle do escurecimento enzimático em frutas têm sido realizados há várias décadas. O método mais disseminado pela indústria alimentícia para controle do escurecimento enzimático consiste no emprego de agentes sulfitantes, devido à sua grande eficácia e ao amplo espectro de aplicações. Com a nova regulamentação estabelecida pelo “Food Drug Administration” (FDA) em julho de 1986, restringindo o uso de agentes sulfitantes, o assunto entrou em pauta novamente. Desde então, o objetivo das pesquisas tem sido encontrar um substituto adequado (IYENGAR e McEVIL, 1992).

O ácido cítrico é aplicado como antioxidante no processamento de frutas e vegetais e funciona como seqüestrante ou como sinergista para antioxidantes fenólicos. É também um constituinte freqüente de numerosas formulações comerciais de antioxidante (JOSE e PEREZ, 1984).

O ácido ascórbico (vitamina C) combinado com água é um meio seguro para prevenir o escurecimento de frutas. Esse ácido é utilizado como antioxidante em alimentos, e sua ação se deve à sua capacidade de se ligar ao oxigênio. Além de atuar como seqüestrante de oxigênio, o ácido ascórbico também atua como agente quelante de metais, principalmente o cobre. Outro papel importante do ácido ascórbico refere-se à inibição do escurecimento enzimático de frutas e vegetais em que está envolvida a polifenol oxidase (JOSE e PEREZ, 1984).

O ácido ascórbico como agente redutor é capaz de manter os íons dos metais em transição em estado muito baixo, sendo freqüentemente utilizado como oxidante nos alimentos (ROBINSON, 1995). Segundo FENNEMA (1993), o ácido ascórbico é empregado para evitar o escurecimento enzimático das superfícies das frutas quando estas são submetidas ao processo de corte. Nesse caso, o ácido ascórbico atua como agente redutor, transferindo os átomos para as quinonas, que são formadas durante a oxidação de compostos fenólicos; em sistemas similares, o ácido ascórbico reage facilmente com o oxigênio.

2.6. Parâmetros de qualidade em alimentos desidratados

A qualidade dos alimentos desidratados depende, em parte, das alterações que ocorrem durante o processamento e a armazenagem. Algumas dessas alterações envolvem modificações na estrutura física, as quais afetam a textura, a reidratação e a aparência. Outras alterações são também devidas a reações químicas (NIHJHUIS et al., 1996). No alimento desidratado, a atividade enzimática residual, a atividade microbiana e a reidratação são parâmetros de grande importância. Durante o processo de secagem com ar aquecido, o alimento sofre perdas de qualidade, como na cor, no sabor e na textura, além de reidratação deficiente. A contração de volume e o endurecimento (formação de crosta na superfície) do produto são também considerados problemas de grande importância na desidratação de alimentos. Atualmente, as pesquisas estão voltadas para o aumento da retenção das propriedades nutritivas

sensoriais do produto desidratado, mediante a alteração das condições de processo e o uso de pré-tratamento (STRUMILLO e ADAMIEC, 1996).

As alterações que ocorrem durante a desidratação são mostradas no Quadro 5.

Quadro 5 - Mudanças que ocorrem na fruta quando submetida ao processo de desidratação

Física	Química	Bioquímica
<ul style="list-style-type: none"> - Encolhimento - Perda da elasticidade - Alteração de tamanho e forma - Cristalização e alteração na estrutura cristalina - Alteração na solubilidade - Reidratação limitada 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição e perda das atividades dos reagentes - Quebra de alguns componentes químicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Oxidação de lipídios - Desnaturação de proteínas - Escurecimento enzimático - Reação de Maillard - Oxidação e inibição de vitaminas

Fonte: STRUMILLO e ADAMIEC (1996).

2.6.1. Cor

A cor é importante atributo da qualidade do produto alimentício desidratado, visto que há relação entre cor, sabor e aroma (MORRIS et al., 1953). As mudanças de cor são produtos de várias reações, incluindo-se a de Maillard, como condensação de hexosas e componentes aminos, polimerização de fenol e destruição de pigmentos (KROKIDA et al., 1998). Na maioria das frutas e vegetais verdes, a degradação da cor é manifestada pela perda da clorofila e pelas sínteses de caretenóides, provocando mudanças de cor verde para cor marrom (SCHWARTZ, 1984).

A avaliação objetiva deste atributo é de fundamental importância, mas é muito dificultada. Isso explica o interesse despertado pelas modernas teorias físicas que estabelecem métodos para avaliação cromática dos alimentos, com que se pretende eliminar o julgamento, mediante o uso de painéis sensoriais,

embora estes sejam indispensáveis e requeiram equipe treinada; além disso, não é uma metodologia apropriada para avaliações de rotina (VALDÉS e REGODON, 1996).

Segundo ALONSO et al. (1997), vários pesquisadores concordam em que as melhores correlações sensoriais são obtidas com o método proposto pela CIE (Comissão Internacional de "L'Eclairage"), os quais definiram, em 1976, um espaço tridimensional de modo que cada cor se representasse por um único ponto nesse espaço (Figura 2), ou seja:

- Eixo L^* representa a luminosidade que vai de 0 (completamente opaco) a 100 (completamente transparente).
- Eixo a^* é uma medida das tonalidades de vermelho ($0+a$) e verde ($0-a$).
- Eixo b^* amarelo ($0+b$) e azul ($0-b$)
- A partir dos valores a^* e b^* , calculam-se os parâmetros psicométricos, a cromaticidade e o ângulo de tonalidade. Assim, uma tonalidade vermelha está representada por um ângulo de 0° , a cor amarela por 90° e a cor azul por 270° .



Figura 2 - Representação gráfica dos valores L, a e b.

Pode-se concluir que a sensação de cor é produzida pela combinação de três fatores: fonte de luz, tipo de objeto e observador. A mudança de um desses fatores irá alterar a forma de se perceber a cor de um objeto qualquer. Deve-se levar em consideração, ainda, que a maneira como duas pessoas percebem a cor de certo objeto nem sempre é a mesma. Essa distinção individual da cor é algo inerente ao ser humano. No entanto, experiências e preferências pessoais nem sempre são adequadas às necessidades das indústrias para quantificação desse atributo. Nesse caso, é necessária uma linguagem universal para discutir a cor e as suas variações. Essa linguagem comum é fornecida pelos instrumentos de análise de cor, usando-se escalas conhecidas e aceitas internacionalmente (BELTRÃO, 1999).

Dentre os estudos realizados para explicar as mudanças de cor, podem ser citados os de SOKHANSAJ e PATIL (1996), que analisaram o efeito da temperatura sobre as mudanças de cor em alfafa verde. LOZANO e IBARZ (1997) estudaram as mudanças de cor em polpas de maçãs concentradas em função da temperatura. SHIN e BHOWMIK (1995) analisaram as mudanças de cor no alimento (guisantes), associadas com o tratamento térmico, sendo tal trabalho realizado mediante a aplicação de diferentes binômios de tempo e temperatura, para determinar a destruição térmica da cor. KROKIDA et al. (1998) estudaram o efeito da temperatura e umidificação do ar sobre as mudanças de cor em bananas e maçãs desidratadas convencionalmente e a vácuo (liofilização).

As mudanças de cor no produto desidratado pode ser medido mediante o uso de um instrumento, denominado “colorímetro”. Pode-se obter uma forma de informação sobre as alterações químicas e a qualidade do alimento (LITTLE, 1976).

2.6.2. Textura

São atributos percebidos na boca, existindo, no entanto, grande variedade de instrumentos destinados a avaliar as características de textura dos alimentos. A análise sensorial é uma medida integral e multidimensional, com três vantagens importantes: identifica a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, qualifica as características sensoriais importantes de

forma rápida e denota problemas particulares que não podem ser detectados por outros procedimentos analíticos (NAKAYAMA e WESSMAN, 1979). Correlacionar medidas instrumentais com avaliações sensoriais é de suma importância, devido à necessidade do desenvolvimento de testes objetivos, que possam prever e, em última instância, substituir a avaliação sensorial (CAMPOS, 1989).

ALMEIDA et al. (1996), efetuando avaliações sensoriais de cor e textura em tomates, verificaram a existência de correlações desses atributos com estádios de maturação. Os coeficientes de correlação encontrados foram de 0,92 para textura e 0,96 para cor, muito satisfatórios para descrever as alterações do tomate durante a maturação. ALDROVANDI et al. (1996) desenvolveram um modelo matemático para relacionar a aceitação de textura de doce de leite com propriedades químicas (determinação de umidade, valor de pH, teores de sólidos solúveis, de proteínas, de sacarose, de amido e de gordura) e físicas (dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade). Devido à existência de correlação, a aceitabilidade da textura do doce de leite pode ser explicada por meio dessas medidas químicas e físicas.

A textura de um produto desidratado depende principalmente do sistema empregado, devido ao fato de que, em muitos casos, a deterioração acontece durante o processo. Os alimentos desidratados com fluxos de ar aquecidos apresentam textura não muito boa, gerando algumas vezes, na superfície, uma camada que confere textura gomosa. O mecanismo responsável pela mudança da textura em frutas e vegetais desidratados é muito complexo, envolvendo fenômenos de naturezas química e física (KONS, 1996). O estado nativo das macromoléculas como proteínas e polissacarídeos depende das condições do meio aquoso, podendo-se esperar que, quando são utilizadas técnicas de desidratação inadequadas, esse meio produziria mudanças substanciais e, em alguns casos, irreversíveis (NAKAYAMA e WESSMAN, 1979).

2.7. Alimentos de umidade intermediária

Há várias definições citadas na literatura para os alimentos de umidade intermediária, porém uma muito compreensiva foi dada por Multons, citado por TORREZAN et al. (1997). Ele definiu os alimentos de umidade intermediária como sendo “produtos alimentícios de textura suave, submetidos a um ou mais tratamentos tecnológicos, consumidos diretamente, com vida de prateleira de vários meses, sem necessidade de utilizar esterilização, congelamento ou refrigeração, mas sim pelo ajuste adequado de sua formulação, em termos de composição, pH, aditivos etc., e mantendo A_w entre 0,60 e 0,84, a 25°C. A fixação da faixa de atividade de água para esses produtos apresentou variações na literatura que foram discutidas por ERICKSON (1982). Tais valores geralmente estão na faixa de 0,60-0,90. Já o conteúdo de umidade foi acordado entre 10 e 40%. Dentre os alimentos de umidade intermediária, ROBSON (1976) citou produtos desidratados sem a adição de solutos (ameixas, pêssegos, figos passas etc.), produtos com adição de açúcar (frutas glaceadas, caramelos brandos, mel de abelha, doce de leite etc.), produtos salgados e secos (carne seca, pescado, salame etc.), produtos de panificação e preparação à base de frutas. No Quadro 6, mostram-se alguns alimentos de umidade intermediária, compilados por CIFUENTES (1987) e determinados por QUAST e TEIXEIRA NETO (1975).

Quadro 6 - Valores de A_a em alguns alimentos tradicionais, com umidade intermediária

Produtos	A_a
Banana passa	0,84-0,86
Geléia	0,82-0,85
Marmelada	0,75-0,86
Goiabada	0,63-0,80
Doce de leite	0,73-0,84
Mel de abelha	0,53-0,69
Uva passa	0,58-0,63
Ameixa desidratada	0,70-0,82
Suco concentrado de laranja	0,78
Chá mate queimado	0,65-0,80
Caldo concentrado de carne	0,50
Queijo parmesão ralado	0,66-0,69
Salsicha	0,94
Salame	0,84-0,89
Presunto gordo	0,92-0,95
Presunto (seco)	0,83
Queijo curado	0,92
Queijo parmesão ralado	0,66-0,69

Fonte: CIFUENTES (1987).

O desenvolvimento de alimentos de umidade intermediária para consumo humano tem sido limitado pela dificuldade de serem encontrados novos agentes depressores de A_a que sejam seguros, economicamente viáveis, efetivos e relativamente sem sabor e cor (TORREZAN et al., 1997).

A classificação dos alimentos com teor de umidade intermediário que tiveram origem nos Estados Unidos foi dada pela formulação de rações especiais para cães e gatos, o que impulsionou o desenvolvimento de vários tipos de produtos, aquecendo esse mercado (HOLLAND, 1986).

Muitos alimentos de umidade intermediária foram utilizados nos vãos espaciais. O primeiro alimento sólido consumido na Lua foi de umidade intermediária, ou seja, uma barra de gelatina-fruta-açúcar, que podia ser consumida diretamente dentro da vestimenta espacial sem a necessidade de

manipulação pelas mãos. Esse item supria a necessidade de energia sem aumentar a sede. Outros produtos, como bolo de frutas, geléias, frutas desidratadas, porções de "bacon", frutas cristalizadas e petiscos, todos de umidade intermediária, faziam parte da alimentação de bordo do módulo lunar (Karel, 1976, citada por TORREZAN et al., 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O trabalho experimental foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

3.2. Equipamento utilizado no experimento

O secador experimental utilizado era composto de uma câmara de secagem com 10 bandejas de 1 m² cada, comportando de 15 a 20 kg de produto por m²; de uma câmara “plenum” composta de: um conjunto de queimadores e chama de gás GLP, conhecido como gás de cozinha; de um registro de gás para linha principal e linha-piloto; de uma válvula solenóide, com a função de bloquear o gás para os queimadores em caso de interrupção de energia elétrica; de um inversor de frequência (faz a rotação do eixo do motor variar de zero até o dobro da rotação normal dos motores elétricos); de um motor elétrico com hélice, sendo responsável pela impulsão do ar ambiente para o sistema de aquecimento até a câmara de secagem; e de um duto na saída para medir a vazão do ar, como mostrado na Figura 3.



Figura 3 - Secador utilizado no experimento.

3.3. Produção de banana passa

O processo de obtenção da banana passa é representado pelo fluxograma mostrado na Figura 4.

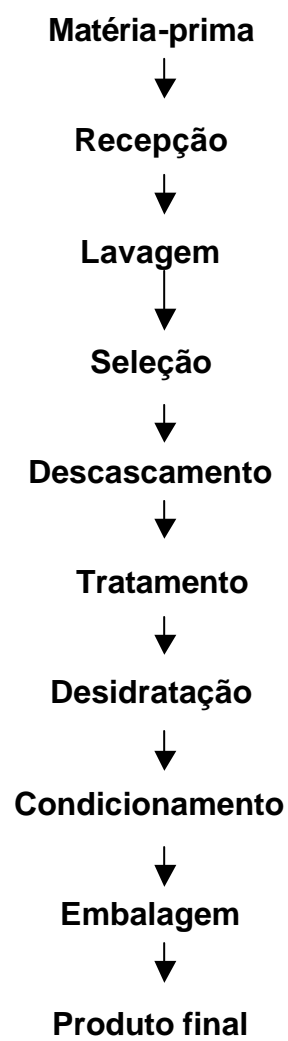


Figura 4 - Fluxograma da desidratação da banana utilizada no experimento.

3.3.1. Matéria-prima

Utilizou-se banana (*Musa spp nanica (AAA)*), adquirida no mercado local e procedente da Central de Abastecimento de Minas Gerais (CEASA) de Belo horizonte, MG. Para obter um produto de boa qualidade, trabalhou-se com frutos desenvolvidos $\frac{3}{4}$ gorda, ou seja, com 34 a 36 mm de diâmetro, de boa maturação e de tamanho uniforme.

3.3.2. Lavagem

Os frutos foram lavados em água corrente de boa qualidade. Inicialmente, fez-se imersão dos frutos, e a seguir estes passaram por três águas de lavagem: primeira lavagem com água corrente; segunda com água contendo 50 ppm de cloro residual total, expressos em Cl_2 , à temperatura ambiente (20-25°C) e preparado através do hipoclorito de sódio com 9% de CRT, por um período de 30 minutos; e terceira lavagem com água corrente. O objetivo dessas lavagens era a redução da possível contaminação microbiana.

3.3.3. Seleção

Os frutos (bananas) para o processamento devem estar completamente maduros com seu ponto de maturação firme, uniformidade de coloração, sabor e composição. O ponto de maturação é o mesmo do ponto para consumo, com a ressalva de que os frutos devem ser colhidos no estágio do desenvolvimento $\frac{3}{4}$ “gorda”, ou seja, com 34 a 36 mm de diâmetro, por apresentar maior teor de açúcares, como mostrado na Figura 5.



Figura 5 - Matéria-prima utilizada no experimento.

3.3.4. Descascamento

Esta operação foi realizada manualmente.

3.3.5. Tratamentos

Os frutos, uma vez descascados e lavados, foram colocados em solução de ácido cítrico e ácido ascórbico, em concentrações de 0,1% para o primeiro tratamento e de 0,3% para o segundo, por um período de 20 minutos (ALMEIDA et al., 1990). Após escorrer a água, as bananas inteiras foram colocadas nas bandejas do secador para serem desidratadas. Conduziram-se testes em três temperaturas de secagem: 50, 60 e 70°C, as quais estavam na faixa das recomendadas para frutas (PRODUÇÃO..., 1995; TRAVAGLINI et al., 1993).

A banana passa foi retirada do secador quando o teor de umidade atingiu a faixa de 20 a 25%, base úmida.

3.3.6. Secagem

A secagem foi realizada em três temperaturas de ar de secagem (50, 60 e 70°C), numa velocidade fixa do ar de secagem (1,5 m/s) sobre as frutas, sendo as bananas colocadas lado a lado nas bandejas, conforme ilustrado na Figura 6. Em cada tratamento, foram feitas duas observações, num total de seis testes experimentais.

A vazão total do ar foi determinada no duto na saída do secador, por meio de um anemômetro de fio quente. Essa determinação foi realizada antes do início dos testes, com o sistema de aquecimento de ar desligado. As medições de temperatura do ar de secagem foram efetuadas 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 três horas, até atingir o teor de umidade desejado (entre 20 e 25%). No final da secagem, amostras de banana eram utilizadas para determinação da umidade final, empregando-se o método citado anteriormente. As pesagens foram feitas em duas observações, estabelecidas em testes preliminares.



Figura 6 - Disposição das bananas para a secagem.

3.3.7. Condicionamento

Esta operação foi realizada no mesmo secador, desligando-se os aquecedores e mantendo ligado o ventilador por um período de 20 minutos, para que a temperatura do produto desidratado entrasse em equilíbrio com a do meio ambiente, evitando-se, dessa forma, a condensação de vapor de água no produto embalado.

3.3.8. Embalagem e armazenagem

Depois de pronto, o produto foi embalado em sacos de polipropileno, com espessura de 0,04 μm , armazenado à temperatura ambiente e protegido da luz.

3.4. Análises físico-químicas

Todas as análises foram conduzidas conforme as Normas Analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Para caracterização inicial dos frutos, foram realizadas análises de umidade inicial, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, comprimento, diâmetro, cor e atividade de água. Essas mesmas análises foram efetuadas após a desidratação dos frutos.

Após 30 dias de armazenamento, o produto desidratado foi submetido, novamente, às mesmas análises físico-químicas.

3.4.1. Determinação do teor de umidade

Uma amostra dos frutos de cerca de 10 g, em duplicata, foi aquecida em estufa a 75°C, por um período de 48 horas, sendo o teor de umidade, base úmida, calculado com base na diferença de massa.

3.4.2. Determinação da acidez total titulável

Amostra dos frutos em duplicata, pesado cerca de 5 g, foi dissolvida em 100 mL de água e titulada com solução de NaOH 0,1 N padronizada, tendo como indicador a fenolftaleína 1%.

3.4.3. Determinação dos valores de sólidos solúveis totais

As medidas foram efetuadas, utilizando-se o extrato aquoso obtido da desintegração e homogeneização dos frutos. Foi transferida uma gota, ou duas, do extrato para o prisma do refratômetro de campo (RR11 18847, escala de 0-35%), removendo-se as partículas grandes antes da leitura.

Os resultados lidos diretamente na escala do aparelho foram expressos em graus Brix, mas corrigidos em relação à temperatura, de acordo com a tabela apresentada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.4.4. Determinação dos valores de pH

As leituras foram realizadas diretamente no aparelho em duplicata. Após o preparo da amostra, as bananas foram trituradas em água destilada, na proporção de 10 g do produto para 100 mL de água, medindo-se os frutos diretamente em pHmetro Digimed DM 20.

3.4.5. Determinação da relação sólidos solúveis totais-acidez total titulável

Esse relação foi determinada pelo quociente entre os dois constituintes.

3.4.6. Determinação do comprimento e do diâmetro

Mediram-se o comprimento e o diâmetro da banana com a utilização de um paquímetro. Utilizaram-se 10 frutos coletados aleatoriamente; foram feitas três observações.

3.5. Análises instrumentais de textura, cor e atividade da água

3.5.1. Análise de textura

A textura foi determinada, utilizando-se um texturômetro (TA.XT2 da Stable Micro Systems). Esse aparelho, com a ajuda de um "software", forneceu diretamente a força de corte (kgf). Nesse caso, utilizou-se uma célula do tipo "Probe Warner Bratzler" (Figura 7). As amostras, retiradas a cada três horas ao longo do tempo de secagem, foram submetidas, em duplicata, ao texturômetro.

O texturômetro foi programado da seguinte forma:

Força de medida (kgf)	:	Compressão
Ensaio	:	"Return to Start"
Velocidade	:	1,0 mm/s
Distância	:	35 mm

No "software", obteve-se um gráfico de força-tempo, e tomou-se o pico da curva obtida.



Figura 7 - Célula Warner-Bratzle utilizada no experimento.

3.5.2. Análise de cor

A avaliação da cor foi feita eletronicamente, utilizando-se um colorímetro modelo color Quest II Spera (“Hunter Lab Reston”, VA), conectado a um computador, provido do sistema “software” universal. Antes de realizar as medidas de cor, o instrumento foi ligado por 30 minutos e padronizado para o modo de reflectância especular incluída (RSIN). Para cálculo dos parâmetros de cor, foram estabelecidos o iluminante D₆₅ (luz do dia 6.500K) e o ângulo de 10°; para o observador e a escala do sistema de cor “Hunter Lab”, sendo a coordenada “L” a luminosidade, a coordenada “a” a intensidade do vermelho/verde e a coordenada “b” a intensidade do amarelo/azul.

Para essa medida, foram coletadas amostras a cada três horas ao longo do tempo de secagem, cujas leituras foram realizadas diretamente no aparelho, em duplicata. Após o preparo da amostra, as bananas foram trituradas em água destilada, na proporção de 50 g do produto para 40 mL de água, cuja mistura foi colocada na cubeta do aparelho para leitura.

3.5.3. Análise da atividade da água

Durante o processo de secagem, foi medida a atividade da água dos frutos, utilizando-se o aparelho AQUALAB, que faz a leitura de forma direta. Para essas medições, foram coletadas amostras a cada três horas ao longo do processo de secagem, cujas leituras foram feitas em duplicatas diretamente no aparelho, à temperatura de 25°C. As amostras coletadas foram resfriadas antes de serem utilizadas para essa determinação.

3.6. Análise microbiológica

Foram efetuadas análises de bolores e leveduras e coliformes totais e fecais, segundo técnicas descritas pela AMERICAM PUBLIC HEALTH - APHA (1992). Para bolores e leveduras, as amostras, diluídas 1/10, foram homogeneizadas por cinco minutos e plaqueadas em profundidade, usando-se

batata-dextrose-ágar (BDA), acidificado para pH 3,5 com ácido tartárico 0,1%, sendo a incubação feita à temperatura ambiente (20-25°C) durante 72 horas.

Para coliformes totais, após o preparo da amostra conforme efetuado para bolores e leveduras, utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP). As diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram inoculadas em caldo verde-brilhante, cuja incubação foi feita a 37°C, durante 48 horas. Os resultados das análises foram comparados com os padrões microbiológicos para bolores e leveduras e coliformes totais e fecais estabelecidos pela Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997, da SVS/Ministério da Saúde.

3.7. Análise sensorial

Para os testes de aceitação do produto, utilizou-se uma escala hedônica de nove pontos (Figura 8). As amostras cortadas em cubos, de tamanhos aproximados de 5 cm, foram apresentadas a 50 consumidores, de forma inteiramente casualizada, em pratos plásticos pequenos (descartáveis) devidamente codificados com três dígitos. O teste foi utilizado para determinar a aceitação do produto logo após a secagem, sendo os resultados analisados por análise de variância (ANOVA).

Nome:.....Data:...../...../.....
Sexo () M F () Idade:

Por favor, avalie a amostra de banana passa, e descreva quanto você gostou ou desgostou do produto, marcando a posição da escala abaixo que melhor reflita seu julgamento.

Código da amostra:.....

- () Gostei extremamente
- () Gostei muito
- () Gostei moderadamente
- () Gostei ligeiramente
- () Indiferente
- () Desgostei ligeiramente
- () Desgostei moderadamente
- () Desgostei muito
- () Desgostei extremamente

Comentários:.....
.....
.....

Figura 8 - Ficha de resposta da avaliação sensorial, utilizando-se a escala hedônica de nove pontos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química da matéria-prima

A caracterização físico-química da matéria-prima é necessária, uma vez que se podem relacionar tais características com a qualidade do produto final processado. No Quadro 7, mostram-se os valores físico-químicos da banana “in natura”, cujos valores apresentados se referem à media aritmética.

Quadro 7 - Composição físico-química da banana-nanica

Características físico-químicas	Banana “in natura”
Teor de umidade inicial (%)	73,50
PH	5,10
Sólidos solúveis totais (°Brix)	23,50
SST/ATT	4,90
Acidez (%)	3,12
Comprimento (cm)	13,50
Diâmetro (cm)	3,44
Atividade de água (Aa)	0,97
Cor	
L	51,43
a	2,68
b	15,25

Observa-se, no Quadro 7, que a banana possui alto teor de umidade inicial (73,5%), o que a torna suscetível a deteriorações tanto de origem físico-química como microbiológica. Portanto, durante a secagem deve ser removida elevada quantidade de água. Valores similares do teor de umidade inicial foram encontrados por TRAVAGLINI et al. (1993).

A determinação do pH e da acidez fornece dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, seja por oxidação ou seja por fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio.

Observa-se no referido quadro que a banana possui um pH 5,10, valor que indica que o produto é de baixa acidez e, portanto, pode estar sujeito a uma série de deteriorações de origens físico-química e microbiológica.

Os sólidos totais solúveis referem-se à quantidade de sólidos solúveis que está presente no alimento, ou seja, açúcares e outras substâncias solúveis. Isso permite uma avaliação da quantidade de açúcares que estão presentes no alimento. No caso da banana "in natura", o valor encontrado foi de 23,5°Brix, o que significa que ela tinha alto conteúdo de açúcares, conferindo-lhe o sabor doce característico. Esses açúcares também influenciaram o sabor do produto processado. O valor encontrado na banana utilizada estava de acordo com os relatados na literatura, em que se mencionam valores de sólidos solúveis na faixa de 20 a 24°Brix (MARTIN et al., 1966; BANANA..., 1995).

O diâmetro e o comprimento são dados importantes na secagem de frutas, existindo, no caso da banana, valores estabelecidos por alguns pesquisadores, que chamam de $\frac{3}{4}$ de desenvolvimento, ou seja, valores entre 34 e 36 mm (PRODUÇÃO..., 1995; BANANA..., 1995; TRAVAGLINI et al., 1993). A banana utilizada no experimento apresentou média de 34 mm, significando que ela se encontrava dentro do valor-padrão para processamento do produto na forma de banana seca, ou banana passa.

A atividade da água é muito importante na conservação de alimentos, já que desse parâmetro depende, em grande parte, a estabilidade de um produto. Neste trabalho, a banana apresentou valor de atividade da água inicial de 0,976, o que significa que existia quantidade de água disponível

suficiente para ocorrerem deteriorações tanto de origem físico-química como microbiológica.

A cor é um parâmetro importante na escolha e aceitação de um produto. Observa-se, no Quadro 7, que a banana-nanica “in natura” apresenta valores das coordenadas L, a e b de 51,43; 2,68; e 15,25, respectivamente. Tais valores se referem à intensidade da luminosidade: intensidade verde/vermelho e intensidade azul/amarelo.

4.2. Caracterização físico-química do produto desidratado

No Quadro 8, apresentam-se os valores físico-químicos da banana recém-desidratada a 70°C e após 30 dias de armazenamento, os quais se referem à média aritmética. Observa-se, nesse quadro, que o produto apresentou valores diferentes após a secagem e após 30 dias de armazenagem.

Quadro 8 - Características físico-químicas da banana desidratada à temperatura de 70°C e após 30 dias de armazenamento

Características físico-químicas	Após secagem	Após 30 dias
Umidade inicial (%)	20,70	21,15
pH	5,40	5,10
Sólidos solúveis totais (°Brix)	32,5	31,50
SST/ATT	2,38	1,90
Acidez (%)	13,66	16,50
Comprimento (cm)	12,32	-
Diâmetro (cm)	1,64	-
Atividade de água (Aa)	0,67	0,65
Cor		
L	35,54	34,96
a	4,6	5,94
b	10,88	11,16

O teor de umidade da banana recém-desidratada foi de 20,7% e, após 30 dias de armazenamento, apresentou teor de umidade de 21,2%, o que significa que a banana passa se umedeceu ligeiramente, ou seja, ganhou umidade. Esse fato pode ter sido devido à embalagem utilizada (sacos de polipropileno), por suas características suscetíveis à migração de umidade. No entanto, o produto encontra-se dentro da faixa de umidade recomendada para armazenagem.

Quanto à acidez, fator determinante na definição do sabor e aroma do produto, a banana recém-desidratada e após 30 dias de armazenagem apresentou valores de 13,66 e 16,15%, respectivamente. Pôde-se observar que houve ligeiro aumento da acidez, o que significa que o produto após 30 dias de armazenagem acidificou-se; esse aumento de acidez pode ser devido a algumas alterações físico-químicas que ocorrem durante o período de armazenagem. No entanto, em relação ao pH do produto, houve ligeira diminuição.

Os sólidos totais solúveis da banana recém-desidratada é de 32,5°Brix, diminuindo, após 30 dias de armazenamento, para 31,5°Brix. Esse fato está relacionado com o ganho de umidade do produto, pois aumento do teor de umidade faz diminuir os graus Brix.

A avaliação de cor foi realizada através do sistema de coordenadas “L”, “a” e “b”. Observou-se que a banana, após a secagem, apresentava valores das coordenadas L, a e b de 35,54; 4,60; e 10,88, respectivamente. Após 30 dias de armazenagem, os valores das coordenadas foram 34,96; 5,94; e 11,16, respectivamente. A comparação de valores indicou que o produto sofreu alteração na cor (escureceu), sendo a luminosidade a que mais influenciou a alteração da cor. Durante a armazenagem ocorreu o esperado: aumento nas tonalidades de vermelho e amarelo, representadas pelos valores de “a” e “b”, levando à alteração substancial na coloração.

4.3. Avaliação da curva de secagem

A curva de secagem permite prever em que momento se deve parar o processo ao atingir o teor de umidade desejado e, dessa forma, obter um produto de boa qualidade. Na Figura 9, mostra-se a variação do teor de umidade adimensional (U/U_0) da banana em função do tempo de secagem, nas temperaturas do ar de 50, 60 e 70°C.

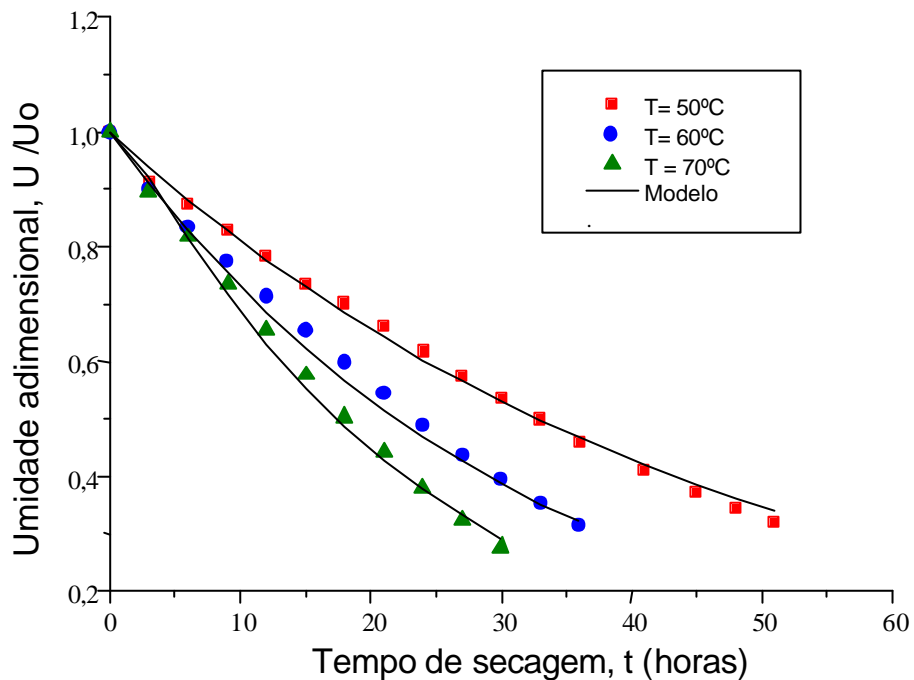


Figura 9 - Curvas de secagem experimentais e calculadas através do modelo exponencial, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

O modelo exponencial seguinte (equação 2) foi ajustado aos dados experimentais, através da análise de regressão não-linear:

$$\frac{U}{U_0} = \exp(-kt) \quad (2)$$

em que

U = teor de umidade no tempo t, % base úmida;

U₀ = teor de umidade inicial, % base úmida;

k = constante de secagem; e

t = tempo de secagem, h.

O modelo exponencial ajustado aos dados experimentais, significativo a 99% de probabilidade, resultou nas seguintes equações, para cada temperatura de secagem utilizada:

Para secagem a 50°C

$$\frac{U}{U_0} = e^{-0,040t} \quad R^2 = 0,995 \quad (3)$$

Para secagem a 60°C

$$\frac{U}{U_0} = e^{-0,0316t} \quad R^2 = 0,995 \quad (4)$$

Para secagem a 70°C

$$\frac{U}{U_0} = e^{-0,0211t} \quad R^2 = 0,993 \quad (5)$$

Na Figura 9, observa-se que, para atingir teor de umidade adimensional de 0,3, correspondente a um teor de umidade de 23,5% em base úmida, são necessários tempos de 51, 36 e 30 horas de secagem, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, respectivamente.

Observa-se também na Figura 9 que, para um tempo de 30 horas de secagem, os valores de teor de umidade, para cada temperatura de secagem,

são diferentes e que tal comportamento é o mesmo ao longo de todo o processo de secagem. Isso se deve ao fato de que, quanto maior a temperatura do ar, maior a taxa de secagem (TRAVAGLINI et al., 1993). A diferença do teor de umidade no início não é muito elevada, porém aumenta nos demais tempos de secagem. No início do processo de secagem, as diferenças são menores, pois, na forma inteira, parte significativa da umidade está livre na superfície da banana, sendo, nessa forma, facilmente removida. Nos demais tempos de secagem, as diferenças aumentam em virtude da resistência interna ao transporte de umidade. Nesse período, a água tem interação com os grupos polares das moléculas dos constituintes e, então, quanto maior a temperatura, mais facilmente a água é removida.

Sabendo que a utilização de temperaturas baixas de secagem conduz a tempos prolongados do processo, pode-se optar pela utilização de temperaturas maiores, desde que isso não provoque alterações de cor e textura no produto, tal como exige o consumidor.

De acordo com a literatura consultada, verificou-se que a banana seca, ou banana passa, deve apresentar teor de umidade entre 20 e 25% (BANANA..., 1995; PRODUÇÃO..., 1995; TRAVAGLINI et al., 1993). Pode-se então, tendo em mãos as curvas de secagem, determinar o tempo de secagem adequado com base nesse teor de umidade.

4.4. Avaliação da cor durante a secagem

Normalmente, a primeira avaliação que se faz dos alimentos é por meio das cores, e isso influencia muito o consumidor na decisão para a escolha de um produto. A cor, além da associação preestabelecida, afeta a estética, as características sensoriais e a aceitabilidade do alimento.

4.4.1. Comportamento da coordenada “L”

A coordenada “L” representa a luminosidade da cor, que é um parâmetro de importância na sua avaliação. Na Figura 10, mostra-se a luminosidade (L) em função do tempo de secagem, nas três temperaturas utilizadas.

Observou-se que, na temperatura de 50°C, o parâmetro “L” diminuiu moderadamente com o tempo de secagem e, após 51 horas de secagem, atingiu um valor de 39,5. Na temperatura de 60°C, após 36 horas de secagem, o valor de “L” foi 38,7. Finalmente, na temperatura de secagem de 70°C, após 30 horas o valor de “L” foi 35,4.

Na Figura 10, observa-se que o valor de “L” diminui em função do tempo de secagem, nas três temperaturas utilizadas, sendo mais pronunciada nas temperaturas de 60 e 70°C. Esse comportamento ocorre porque a utilização de temperaturas de secagem mais altas favorece o escurecimento não-enzimático (caramelização) do produto.

Como pode ser observado nessa figura, a menor temperatura de secagem utilizada (50°C) apresentou maior valor de “L”. Isso significa que o produto escureceu ligeiramente. Na temperatura de 60°C, o valor de “L” foi menor em relação ao obtido na temperatura de 50°C, significando que o produto escureceu moderadamente. Da mesma forma que na temperatura de 70°C, a maior temperatura de secagem utilizada para valor de “L” mostrou igual comportamento, alcançando valor muito menor; isso quer dizer que o produto escureceu mais em relação às outras temperaturas de secagem.

Isso pode ser explicado, visto que a luminosidade está relacionada, diretamente, com o escurecimento não-enzimático (caramelização, Maillard), com a ressalva de que a elevação da temperatura favorece o escurecimento, aumentando de duas a três vezes para cada incremento de 10°C (REMANCHA et al., 1992; ARAUJO, 1995; GARZA et al., 1996; GARZA, 1998).

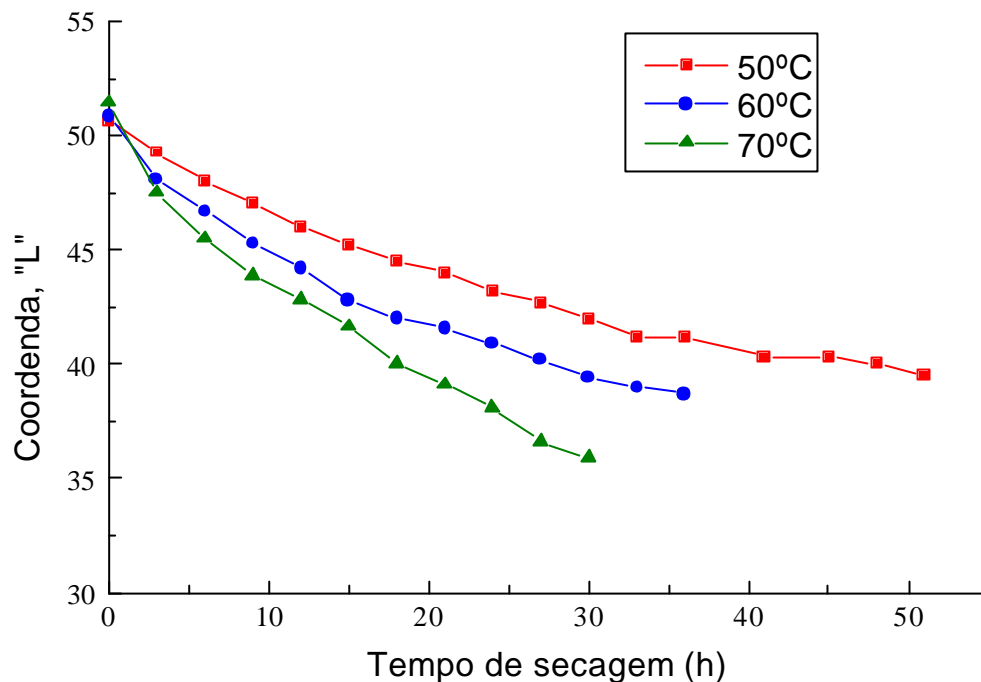


Figura 10 - Coordenada "L" em função do tempo de secagem, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

4.4.2. Correlação entre a coordenada "L" e o teor de umidade

Na Figura 11, mostra-se a correlação encontrada entre o valor da coordenada "L" e o teor de umidade do produto nas três temperaturas de secagem utilizadas. Observa-se nessa figura que o comportamento da coordenada "L" em relação ao tempo de secagem foi linear. As correlações lineares obtidas possuem coeficientes de determinação de 0,977; 0,975; e 0,982, respectivamente. Isso significa que o valor da luminosidade "L" está diretamente relacionado com o teor de umidade do produto, uma vez que a taxa de escurecimento é baixa ou mesmo zero, em valores de atividade da água elevados ou muito baixos. Entretanto, essa taxa aumenta de forma rápida em valores de atividade de água intermediários, dependendo de outras variáveis, como temperatura e pH (ARAUJO, 1995; GARZA, 1998).

Observa-se ainda, na Figura 11, que nas três temperaturas utilizadas o valor da coordenada “L” aumenta em função do teor de umidade do produto. Isso pode ser explicado pelo fato de o produto ser suscetível ao escurecimento não-enzimático durante o processo de secagem; se o produto perde água, sua luminosidade é afetada.

O modelo linear foi ajustado aos dados experimentais, através de análise de regressão linear, significativa a 99% de probabilidade, resultando nas seguintes equações em função das temperaturas utilizadas:

Para secagem a 50°C

$$L = 0,21U + 33,746 \quad R^2 = 0,977 \quad (6)$$

Para secagem a 60°C

$$L = 0,227U + 32,576 \quad R^2 = 0,975 \quad (7)$$

Para secagem a 70°C

$$L = 0,263U + 30,215 \quad R^2 = 0,982 \quad (8)$$

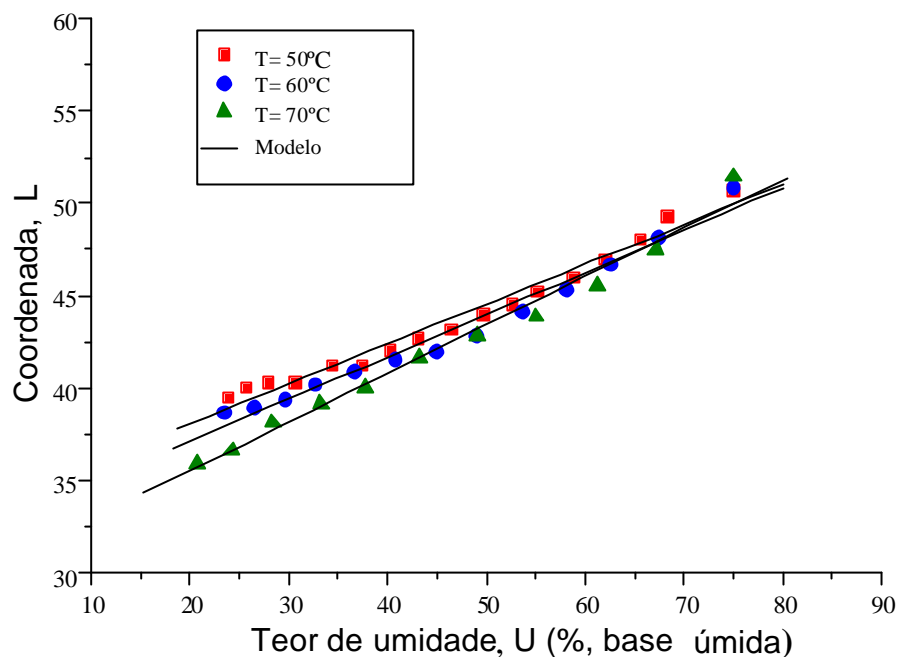


Figura 11 - Resultados experimentais e calculados através do modelo linear da coordenada “L” em função do teor de umidade da banana, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

4.4.3. Comportamento da coordenada “a”

A coordenada “a”, que está relacionada à intensidade de verde/vermelho de Hunter, apresentou comportamento similar nas três temperaturas de secagem utilizadas no experimento (50, 60 e 70°C). Esse comportamento é mostrado na Figura 12.

Observa-se, na Figura 12, que esse parâmetro de cor foi modificado com o decorrer do tempo de secagem, aumentando ligeiramente durante as primeiras horas de secagem para, logo depois, diminuir. Tal comportamento foi observado nas três temperaturas de secagem, sendo mais pronunciado naquelas de 60 e 70°C. Observa-se também, nessa figura, que, na temperatura de 50°C, o valor da tonalidade aumentou para, logo, decrescer ligeiramente. Esse comportamento indicou que, durante as primeiras horas, houve alteração

na cor, e o produto ganhou tom vermelho para logo, no final do processo de secagem, perder a intensidade. Da mesma forma, explicou-se o comportamento das temperaturas de secagem de 60 e 70°C. Esse fato pode ser explicado porque, no final do processo, a banana adquiriu cor parda mais acentuada.

A mudança da cor vermelha ao longo do tempo de secagem aconteceu devido ao aquecimento do produto. Esses tratamentos são necessários, mas têm efeitos não desejados sobre o produto, provocando a perda de alguns de seus componentes nutricionais, como vitaminas, açúcares e aminoácidos, que conduzem à formação de produtos resultantes da reação de Maillard (IBARZ et al., 1997).

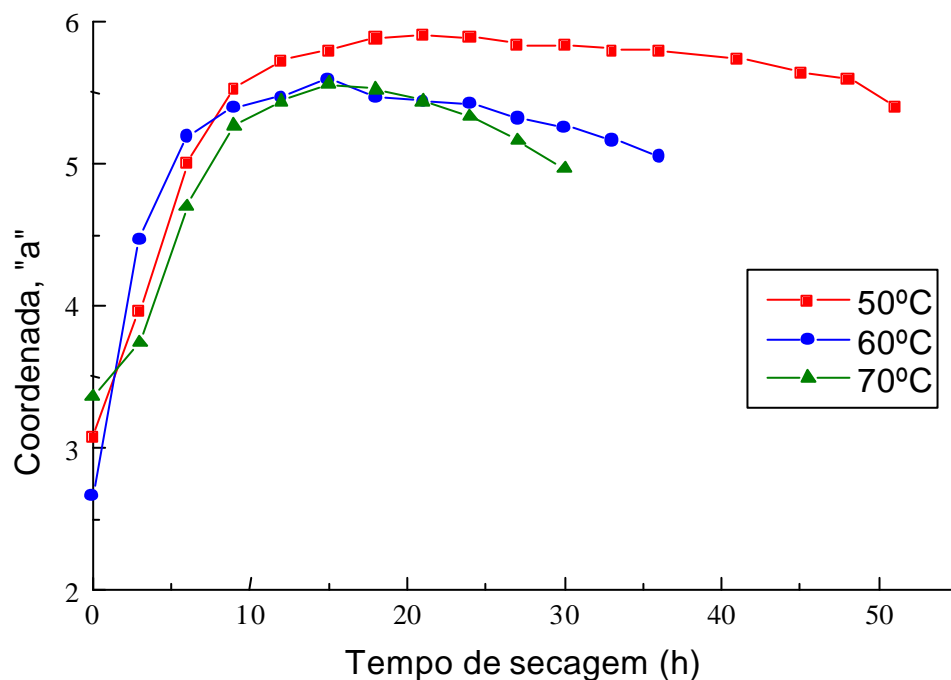


Figura 12 - Coordenada "a" em função do tempo de secagem, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

4.4.4. Comportamento da coordenada “b”

Na Figura 13, mostra-se o comportamento referente à coordenada “b”, de Hunter (relacionado com a intensidade de azul/amarelo), em relação ao tempo de secagem, nas três temperaturas utilizadas.

Observa-se nessa figura que, com o decorrer da secagem, o valor de “b” sofreu ligeira diminuição na temperatura de 50°C. Comportamento similar foi observado na temperatura de 60°C. Porém, diminuição mais pronunciada foi observada na temperatura de 70°C. Os valores no final do processo de secagem, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, foram 12,9; 12,2; e 12,0, respectivamente. Esse comportamento deve-se ao fato de que a banana, durante a desidratação, perde ligeiramente a cor amarela, em razão do aquecimento, que favorece o escurecimento não-enzimático, afetando a cor amarela. De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que a banana, durante a desidratação, sofre maior perda da cor amarela à temperatura de secagem de 70°C e menor a 50°C.

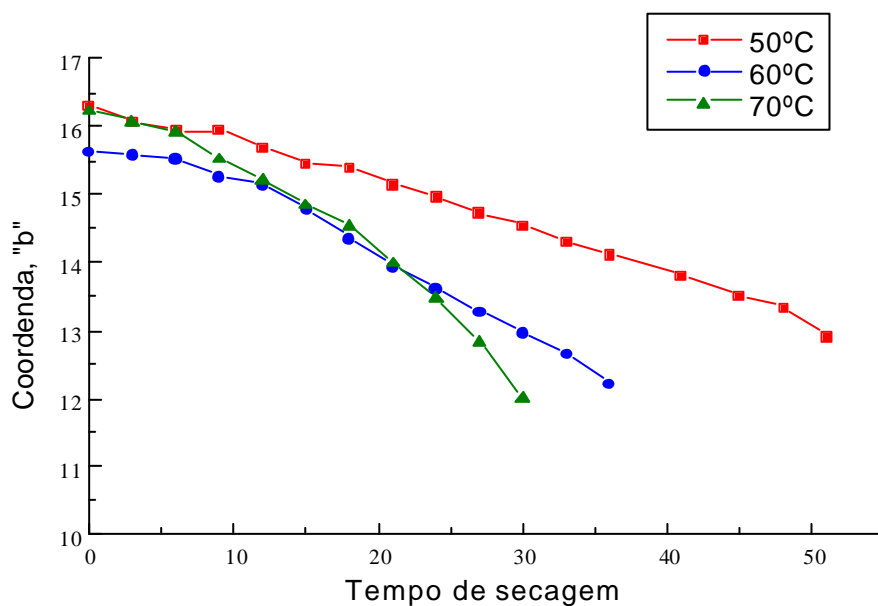


Figura 13 - Coordenada “b” em função do tempo de secagem, nas temperaturas de secagem 50, 60 e 70°C.

4.5. Avaliação da textura durante a secagem

A textura é um parâmetro importante que define qualidade sensorial de um alimento, sendo essa qualidade de grande importância, já que influencia diretamente a aceitabilidade do produto.

4.5.1. Textura em função do tempo de secagem

Na Figura 14, apresenta-se a força necessária para o corte (parâmetro de textura) da banana em relação ao tempo de secagem, nas três temperaturas utilizadas.

Observa-se, nessa figura, que na temperatura de 50°C são necessárias 51 horas de secagem para atingir uma força de corte de 1,3 kgf. No entanto, nas temperaturas de 60°C e 70°C, o tempo é menor, ou seja, de 36 e 30 horas, respectivamente. Em razão desses resultados, pode-se afirmar que a textura é modificada em função do tempo de secagem, apresentando valores diferentes em cada temperatura utilizada no processo de secagem. Entretanto, as forças de corte (parâmetro relacionado com a textura) foram muito similares no final do processo de secagem.

Na Figura 14, pode-se observar também que, durante as primeiras 12 horas de secagem, a força de corte diminui nas três temperaturas (50, 60, 70°C), porém, depois, aumenta, sendo mais acentuada nas temperaturas de 60 e 70°C. Esse fenômeno pode ser devido ao fato que a banana durante a secagem é aquecida, aumentando a pressão interna e provocando alteração na parede celular, o que a torna suscetível a danos. Esses danos podem provocar a ruptura celular e plasmólises, dando lugar ao amolecimento do produto, o que facilita a saída de líquido. Tal fenômeno é favorecido por temperaturas altas durante o processo de secagem, provocando, assim, modificações de origem físico-química mais acentuadas. Isso pode ser evidenciado quando se utilizou a temperatura de 70°C. Durante as primeiras horas de secagem, a força de corte é ligeiramente diminuída para, logo depois, aumentar ao longo do tempo de secagem.

Observa-se na Figura 14 que, no final do processo de secagem, nas três temperaturas utilizadas (50, 60 e 70°C), o produto atinge força de corte (parâmetro de textura) na faixa de 1,3 a 1,4 kgf. Pode-se então, de acordo com os resultados obtidos, utilizar a força de corte como parâmetro de textura do produto.

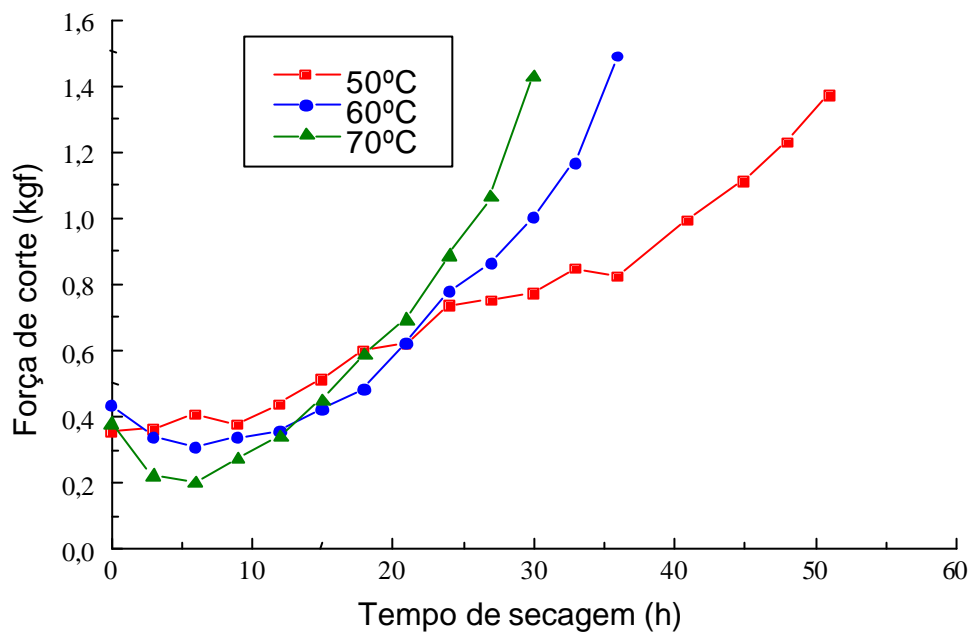


Figura 14 - Força de corte em função do tempo de secagem, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

4.5.2. Variação da textura com o teor de umidade

Na Figura 15, mostra-se a correlação encontrada entre a força de corte da banana e o teor de umidade desta nas três temperaturas utilizadas na secagem.

O modelo polinomial de segundo grau foi ajustado aos dados experimentais, através da análise de regressão não-linear, significativo a 95%

de probabilidade, os quais resultaram as seguintes equações das três temperaturas utilizadas:

Para secagem a 50°C

$$F = 0,0003U^2 - 0,0516U + 2,3173 \quad R^2 = 0,975 \quad (9)$$

Para secagem a 60°C

$$F = 0,0008U^2 - 0,0948U + 3,1832 \quad R^2 = 0,986 \quad (10)$$

Para secagem a 70°C

$$F = 0,0007U^2 - 0,0059U + 2,8009 \quad R^2 = 0,984 \quad (11)$$

Observou-se que, numa temperatura fixa, a força de corte (parâmetro de textura) aumenta com o decréscimo do teor de umidade do produto. Esse comportamento foi observado nas três temperaturas de secagem, o qual pode ser explicado, visto que, durante a remoção de umidade do produto, os demais componentes têm a sua concentração aumentada, fazendo com que este apresente textura mais firme. Resultados similares a esses foram obtidos por ALONK PANT et al. (1993), estudando dois produtos, um deles elaborado com leite de vaca e outro com óleo de soja. Esses autores determinaram o perfil de textura, utilizando um texturômetro, e estudaram as mudanças originadas na composição de seus nutrientes ao serem submetidos à fritura. Eles observaram que a diminuição da umidade devido ao processo de fritura aumenta o conteúdo de lipídios e de proteínas do alimento, afetando, de forma significativa, a sua textura. Além disso, observaram que a dureza, em ambos os produtos, é o parâmetro que mais foi alterado, aumentando, de forma significativa, com a diminuição da umidade.

Com base nos resultados obtidos nos experimentos, pode-se afirmar que a textura é modificada conforme o teor de umidade, cuja textura é suave

no início do processo (que está relacionado com alto teor de umidade, 75%), mas no final do processo a banana passa apresenta textura firme em razão de o produto estar com teor de umidade na faixa de 20 a 25%.

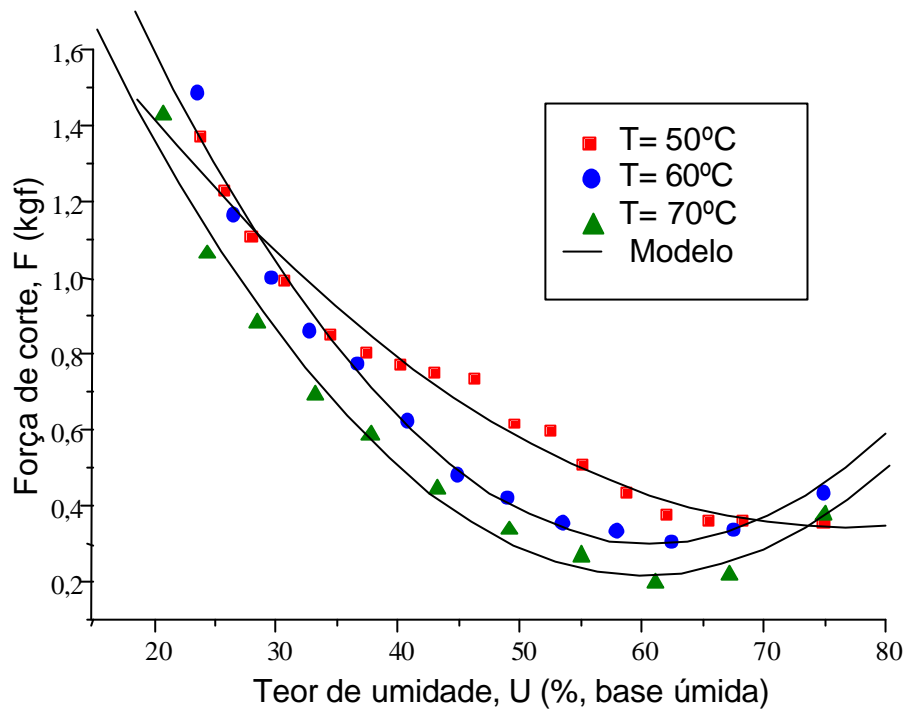


Figura 15 - Resultados experimentais e calculados através do modelo polinomial para a força de corte em função do teor de umidade da banana, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

4.6. Avaliação da atividade da água

A atividade da água é um fator importante na conservação de um produto, já que dela dependem as alterações de origem físico-química que possam ocorrer durante o processamento e a armazenagem de produto alimentício.

4.6.1. Avaliação da atividade da água em função do tempo de secagem

Na Figura 16 é mostrada a variação da atividade de água ao longo do período de secagem, nas três temperaturas de secagem (50, 60 e 70°C). Na temperatura de secagem de 50°C, observou-se que a atividade da água atingiu o valor 0,76 depois de 51 horas de secagem. No entanto, nas temperaturas de 60 e 70°C, foram atingidos valores de 0,70 e 0,69, após 36 e 30 horas de secagem, respectivamente.

Observa-se também na Figura 16 que, num mesmo tempo de secagem, a atividade de água do produto aumenta com a diminuição da temperatura de secagem. No entanto, numa temperatura de secagem fixa, a atividade da água diminui com o tempo de secagem. Esse fato está relacionado com a perda de água durante o processo de secagem. Em temperaturas mais elevadas, a taxa de evaporação da água é maior, e isso vai influenciar o teor de umidade e, conseqüentemente, a atividade da água do produto (SILVA, 1995; TRAVAGLINI et al., 1993).

Os dados da atividade da água no final da secagem, encontrados neste trabalho, na banana passa, está na faixa de atividade da água para produtos de umidade intermediária. Segundo ERICKSON (1982), esses valores geralmente estão na faixa de 0,60-0,84 a 25°C.

De acordo com os resultados de atividade da água encontrados nos experimentos realizados, pode-se afirmar que a banana passa, por ser um produto de umidade intermediária, é pouco suscetível à deterioração de origens físico-química e microbiológica.

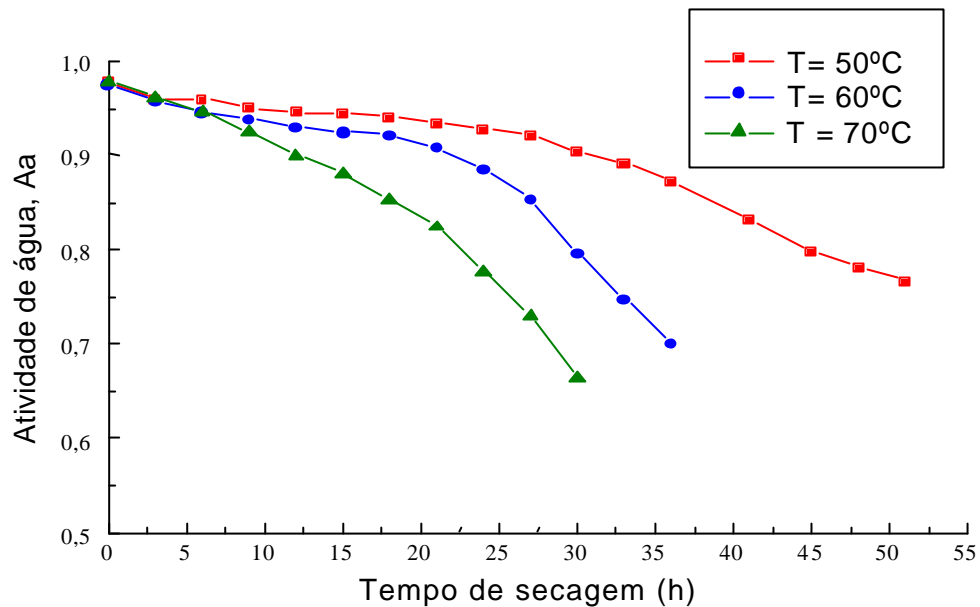


Figura 16 - Curvas de atividade da água da banana em função do tempo de secagem, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

4.6.2. Variação da atividade de água com o teor de umidade

A atividade da água sofre alterações com o teor de umidade do produto, como pode ser observado na Figura 17. Observa-se nessa figura que, nos três níveis de temperatura de secagem (50, 60 e 70°C), a atividade da água aumentou em função do teor de umidade do produto. Resultados similares foram obtidos por McLAUGHLIN e MAGGE (1998), que, estudando isotermas da batata nas temperaturas de 30, 45 e 60°C, verificaram que a atividade da água diminuía com a redução do teor de umidade.

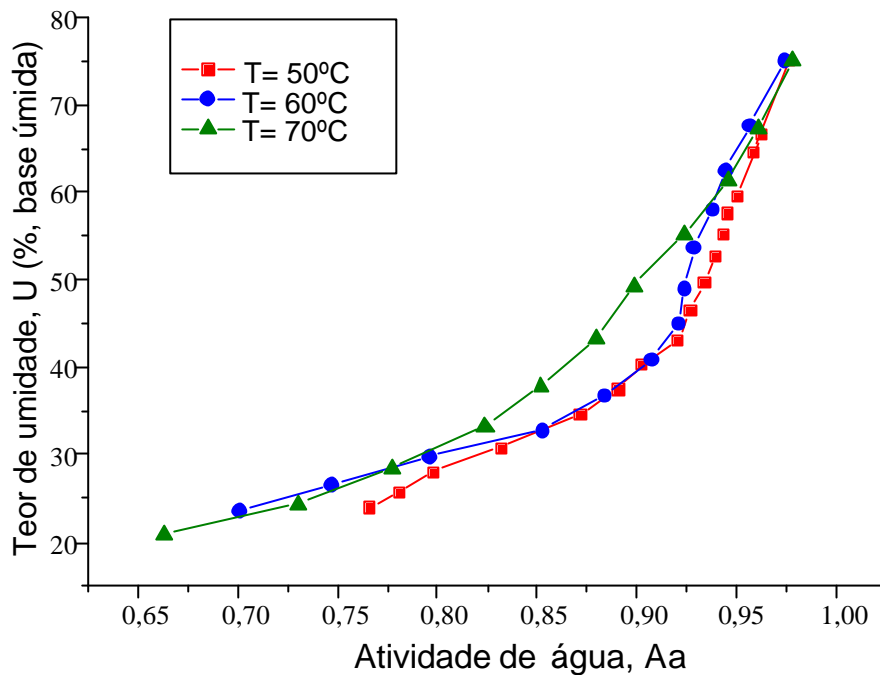


Figura 17 - Atividade de água em função do teor de umidade da banana, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.

Na Figura 18, mostra-se a isoterma de dessorção da água da banana, obtida à temperatura de 25°C, para o produto desidratado a temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C. O modelo polinomial da equação 12 (abaixo) foi ajustado aos dados experimentais, através da análise de regressão não-linear, significativa a 99% de probabilidade.

$$U = -1844,93 + 7293,53A_a - 9515,52A_a^2 + 4157,196A_a^3 \quad R^2 = 0,96 \quad (12)$$

Verificou-se que o modelo polinomial de terceiro grau se ajustou bem aos dados experimentais, conforme mostrado na equação 12, plotada na Figura 18. O comportamento da isoterma de sorção é sigmoidal, tal como observado na maioria dos alimentos, no caso de a banana estar apresentada na faixa de atividade da água de 0,66 a 0,98, sendo, durante o processo de secagem, removida a água até um teor de umidade entre 20 e 25%.

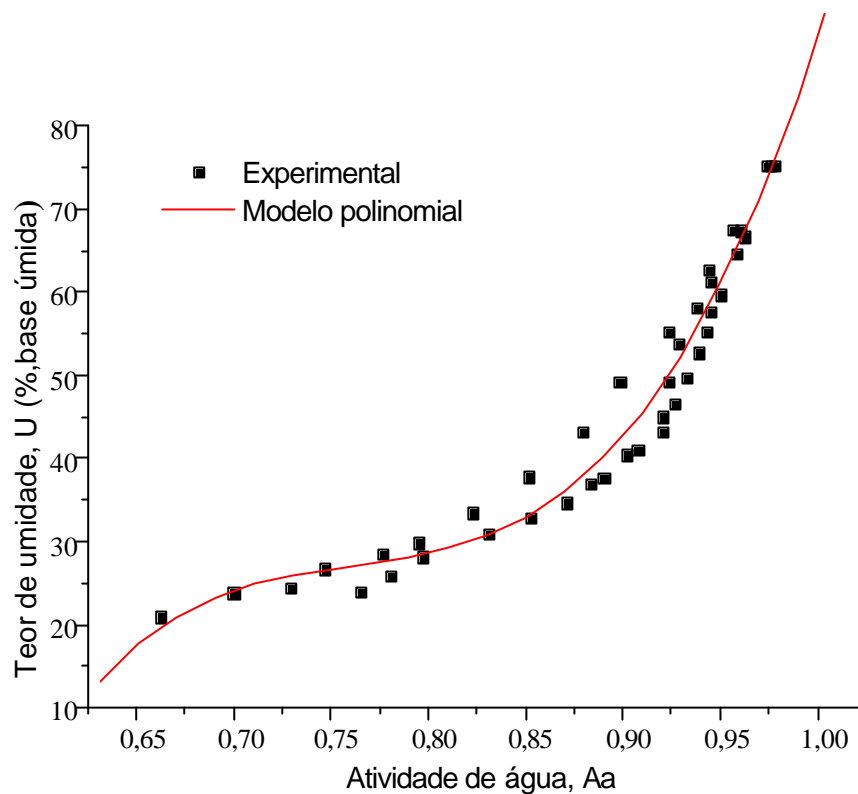


Figura 18 - Atividade da água experimental e calculada através do modelo polinomial, à temperatura de 25°C, em função do teor de umidade.

4.7. Avaliação microbiológica

O produto desidratado foi analisado quanto à contaminação microbiológica de bolores, de leveduras e de coliformes totais e fecais.

Os resultados das análises do produto recém-desidratado e após 30 dias de armazenamento evidenciaram baixo número de microrganismos, sendo em bolores e leveduras menor a 10 UFC/g e em coliformes totais, menor que 3 NMP/g. Tal fato significa que a banana passa está de acordo com os padrões microbiológicos exigidos em relação a bolores e leveduras (2×10^3 /g UFC) e coliformes fecais (< 10 /g), de acordo com a Portaria n° 451, de 19 de setembro de 1997, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. O processo de desenvolvimento do produto (banana passa) inclui condições de teor de umidade final na faixa de 20-25%, o que corresponde à baixa atividade

da água do produto (0,66 a 0,76 a 25°C) e à utilização de temperaturas moderadamente altas (50, 60, 70°C), bem como às boas práticas de fabricação, desfavorecendo o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores. Pode-se afirmar que a contagem microbiana do produto foi baixa, pois, em tais condições, a possibilidade de sobrevivência de bolores, leveduras e coliformes é muito reduzida.

4.8. Avaliação sensorial

No desenvolvimento de um produto, a determinação da aceitação pelo consumidor é fundamental. Para verificar a aceitabilidade do produto desidratado, utilizou-se o teste de aceitação, através da escala hedônica de nove pontos.

De acordo com os resultados da análise estatística, apresentados no Quadro 9, não houve aceitação significativa entre as amostras no nível de 5% de probabilidade. Isso quer dizer que as amostras não apresentaram diferenças significativas, enquanto a aceitação no nível de 5% de probabilidade.

Quadro 9 - Resumo da análise de variância da avaliação sensorial da banana desidratada (banana passa)

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado médio	F _c	F _t
Tratamentos	5	11,41667	2,283333	1,335 ns	2,21
Resíduo	294	502,780	1,710136		

ns não-significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

No Quadro 10, mostram-se as médias obtidas em cada um dos tratamentos analisados. As médias situaram-se entre os termos hedônicos

“gostei moderadamente” e “gostei muito”, indicando boa aceitação do produto, em todos os tratamentos empregados. Deve-se levar em conta que a banana desidratada (banana passa) é um produto pouco conhecido pelos consumidores, mas teve boa aceitabilidade sensorial.

Quadro 10 - Médias das notas obtidas pelo teste de aceitação da banana passa em duas observações

Observações	Tratamentos (Temperaturas de secagem)	Média das notas
1 ^a .	50°C	7,0
	60°C	7,0
	70°C	7,4
2 ^a .	50°C	7,4
	60°C	7,1
	70°C	7,5

5. RESUMO E CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e as discussões realizadas, pôde-se concluir que:

a) Os tempos de secagem da banana para atingir o teor de umidade final desejado entre 23 e 25%, utilizando-se as temperaturas do ar de secagem de 50, 60 e 70°C, foram de 51, 36 e 30 horas, respectivamente.

b) O processo de secagem da banana pode ser descrito por um modelo exponencial da forma

$$\frac{U}{U_0} = \exp(-kt)$$

em que $K = 0,04$ (50°C), $K = 0,0316$ (60°C) e $K = 0,0211$ (70°C).

c) A textura da banana varia ao longo do processo de secagem, atingindo valores de força de corte (parâmetro da textura) no final do processo de 1,37; 1,48; e 1,43 kgf, nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C, respectivamente.

d) A atividade da água varia em função do tempo de secagem. Num mesmo tempo, a atividade da água da banana aumentou com a diminuição da

temperatura; numa temperatura fixa, a atividade da água diminui com o aumento do tempo de secagem.

e) O teor de umidade da banana varia com a atividade da água segundo o modelo polinomial

$$U = -1844,93 + 7293,53A_a - 9515,52A_a^2 + 4157,196A_a^3, \quad R^2 = 0,96$$

f) A banana seca, ou banana passa, teve boa aceitação pelos consumidores, nas três temperaturas de secagem utilizadas.

g) A banana desidratada e armazenada por 30 dias apresentou baixo número de crescimento de microrganismos, como bolores, leveduras e coliformes totais e fecais, nas temperaturas utilizadas.

h) A cor da banana variou ao longo do processo de secagem, apresentando valores das coordenadas L, a e b diferentes em cada temperatura de secagem. O processo de secagem de banana à temperatura do ar de secagem de 50°C resultou banana passa com menores alterações na cor (valores mais elevados de L, a e b), valores de força de corte similares aos das temperaturas de secagem de 60 e 70°C e teve boa aceitabilidade sensorial. Entretanto, apresentou atividade de água final mais elevada (0,76) no final do processo de secagem, necessitando de tempos excessivos de secagem (mais de 51 horas) para atingir um teor de umidade ideal na faixa de 20 a 25%.

i) Nas temperaturas do ar de secagem de 60 e 70°C, o processo resultou uma banana passa com parâmetros similares em textura e cor, com boa aceitabilidade sensorial e com valores de atividade de água final menores do que se conseguiu no processo de secagem a 50°C. O tempo de secagem necessário para atingir o teor de umidade final foi bastante inferior ao obtido à temperatura de 50°C.

j) Considerando os parâmetros analisados anteriormente, pode-se concluir que o melhor processo de secagem foi quando se utilizou a temperatura de 70°C, já que esta apresentou valor de atividade de água adequada para garantir a estabilidade do produto e o menor tempo de secagem, importante com relação à economia de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 99.** Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comercio, 1999. 521p.
- ALDROVANDI, A., GAMBARO, A., BURGUEÑO, J., DIANA, E. Desarrollo de un modelo matemático para relacionar a aceitabilidade de textura de dulce de leche com propiedades químicas y físicas. In: SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE ANÁLISIS SENSORIAL, 6, 1996, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas: Unicamp, 1996. p.29.
- ALMEIDA, C., JORGE, J.T., SILVA, M.A. Avaliação sensorial da textura e cor do tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*), visando ao estabelecimento de correlações ao longo do tempo de maturação In: SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE ANALISES SENSORIAL, 6, 1996, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas, Unicamp, 1996. p.7.
- ALMEIDA, M.M., ANJOS, V.D., YOTSUYANAGI, K., MARTIN, Z., ROCHA, J.B. Controle do escurecimento por agentes químicos em polpa de abacate congelada: I – Avaliação instrumental da cor. **Boletim do ITAL**, v.17, n.2, p.147-180, abr./jun., 1990.
- ALONK PANT, G.S., CHAUHAN, N.S., VERMAN, B.K., DHEER, S. Texture profile analysis of tofu and milk panner before and after deep-fat-frying. **J. Food Technol.**, v.30, n.6, p. 449-450, 1993.
- ALONSO, G.L., SANCHEZ, M.A., SALINAS, M.R., NAVARRO, E. Análisis de color en azafran. **Alimentaria**, v.1, n.2, p.115-127, 1997.
- AMERICAM PUBLIC HEALTH - APHA. **Compendium of methods of the microbiological examination of foods.** 3rd. ed. London, APHA, 1992. 1219p.

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. 1996-1997. Rio de Janeiro: IBGE, 421p.
- ATHIÉ, I., PENTEADO, M., GOMEZ, R., VALENTINI, S. **Conservação de grãos**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1998. 236p.
- ARAUJO, J.M.A. **Química de alimentos**. Viçosa, MG: Impr. Univ., 1995. 335p.
- AREAS, J.A., LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening: † the phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. **J. Food Biochem.**, westport, v.5, p.19-37, 1981.
- BANANA-CULTURA, MATÉRIA-PRIMA, PROCESSAMENTO E ASPECTOS ECONÔMICOS. Campinas: ITAL, 1995. 302p (Série de Frutas Tropicais N° 3).
- BELTRÃO, L P. **Microencapsulamento de Bixina: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1999 . 67p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- BENNION, M. **Introductory foods**. 10.ed., New Jersey: Editora Prentice Hall United States of América, 1995. 713p.
- BRADFORD, D.D., HUFFMAN, E.L., EGBERT, W.R., JONES, W.R. Lowfat fresh pork sausage patty stability in refrigerated storage with potassium lactate. **J. Food Sci.**, v.58, n.3, p.488-492, 1993.
- BRASIL. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. Ementas da portaria. In: **Diário Oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, v.1, n.182, p.21005-21012, set., 1997. Seção 1. pt.
- CABRAL, A.C.D., ALVIM, D.D. Alimentos desidratados – conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do ITAL**, v.18, n.1, p.1-65, 1981.
- CANO, P., ANCOS, B., MATAALLANA, C.M., CAMAR, M., REGIERO, G., TABERA, J. Difference among Spanish and Latin-American banana cultivar: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v.59, n.3, p.411-419, 1997.
- CAMPOS, S.D.S. **Reología e textura em alimentos**. Campinas: ITAL, 1989. 170p.
- CIFUENTES, A.F. **Desenvolvimento, avaliação física, química e microbiológica e teste de aceitação de salsicha com Aa reduzida por glicerol e cloreto de sódio**. Campinas: Unicamp, 1987. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 1987.

- CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós colheita de frutos e Hortaliças – Fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: FAEPE – ESAL, 1990. 320p.
- CHITARRA, A. B., CHITARRA, M. I. F. Composição química do tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) em diferentes estágios de maturação. **Revista de Olericultura**, v. 16, n.1, p.94-198, 1976.
- CRUESS, W.V. **Produtos industriais de frutas e hortaliças**. São Paulo: Edgar Blucher, 1973. 160p.
- DANTAS, M.I. **Estudo da secagem e avaliação de propriedades físicas da banana**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 57p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- ERICKSON, L.E. Recent developments in intermediate moisture foods. **Journal of Food Protection**, v.45, n.5, p.484-491, 1982.
- FACHINELLO, J.C., HOFFMANN, A., NACHTIGAL, J., KERSTEN, F. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas, RS: Editora Gráfica Universitária, UFPEL, 1995. 179p.
- FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza-España: Editorial Acribia, S.A, 1993. 1095p.
- FAO, Production Year Book. **Food an agricultural organisation of the united nations**. Rome: FAO, 1995. v.37, p.52.
- GARZA, S. El pardeamiento no enzimatico en zumos y pures de fruta. **Alimentaria**, Junio, p.87-91, 1998.
- GARZA, S., GINER, J., MARTIN, O., COSTA, E., IBARZ, A. Evolución del color, azúcares y HMF en el tratamiento térmico de zumo de manzana. **Food Science and Technology International**, v.2, p.101-110, 1996.
- GOMEZ, D.R. Actividad de agua de los alimentos. Método de determinación. **Alimentaria**, p.77-81, Enero-Febrero, 1992.
- GRIJSPAARDT-VINK, C. Food preservation by hurdle technology. **Food Technology**, v.48, n.12, p.28, 1994.
- HOLLAND, G. Overview of intermediate moisture food and markets. **Journal Ins. Can. Sci. Technol. Aliment.**, v.19 n.2, p. vi-viii, x-xii, 1986.
- IBARZ, A., MARTIN, O., BARBOSA, G.V. Cinética del pardeamiento no enzimático de zumo de pera concentrado. **Food Science and Technology International**, v.3, p.213-218, 1997.
- 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, 332p.

- IYENGAR, R., McEVIL, J. Anti-browning agents: alternatives to the use of sulfites in foods. **Trends in Food Sci. & Technology**, v.3, p.60-64, mar., 1992.
- JOSE, A., PEREZ, V.C. **Aditivos em alimentos**. Campinas: Unicamp, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, 1984. 105p.
- KAREL, M. Technology and application of new intermediate moisture food. In: DAVIES, R., BIRCH, G.G., PARKER, K.J. **Intermediate moisture foods**. London: Applied Science Publisher, 1976. p.4-31
- KROKIDA, M.K., TSAMI, E., MAROULIS, Z.B. kinetics on color changes during Drying of some fruits and vegetables. **Drying Technology**, v.16 n.3-5, p.667-685, 1998.
- KONS, S. Pectic substance of dry beans and their possible correlation with cooking time **J. Food Sci.** v.35, n.2, p.46-51, 1996.
- LABUZA, T.P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.1, n.2, p.167-190, 1977.
- LEITÃO, M.F. Atividade de água e transformações microbiológicas de deterioração. In: JARDIM, D.C.P (Coord.). **I seminário sobre atividade de água em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1987. p.1-12.
- LITTLE, A.C. Physical measurements as predictor of visual appearance. **Food Technology**, v.30, p.74-82, 1976.
- LOZANO, J.E., IBARZ, A. Colour change in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **J. of Food Engineering**, v.31, n.1, p.365-373, 1997.
- MARCO, B.E. Método simple para determinar la actividad de agua en el rango de crecimiento microbioano. **Alimentaria**, , p. 25-27, Julio-Agosto 1997.
- MARTIN, Z., SGARBIERI, V., LEITÃO, M., GARRUTZ, R. Produção de pure de banana acidificado e néctar de banana. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.1, n.1, p.273-279, 1966.
- McLAUGHLIN, C.P., MAGEE, T.R. The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption for potatoes. **Journal of Food Engineering**, v.35, p.267-280, 1998.
- MORRIS, N.J., LOHMANN, I.N., CONNER, R.T., FREMAN, A.F. Peanut butter, IV. Determination of color of peanut butter by spectral reflectance, method. **Food Technology**, v.7, n.1, p.393-396, 1953.

- MOTA, R.V., LAJOLO, F.M, CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp*) durante o amadurecimento. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.17, n.2, p.94-97, maio-ago., 1997.
- NAKAYAMA, M., WESSMAN, C., Application of sensory evaluation to the routine maintenance of product quality. **Food technol**, v. 33, n.9, p.38-42, 1979.
- NIHJHUIS, H., TOORRIG, E., LUYTEN, H., RENE, F., JONES, P., FUNEBO, T. OHLSSON, T. Research needs and opportunities in the dry conservation of fruit and vegetables. **Drying Technology**, v.14, n.6, p.1429-1457, 1996.
- PRODUÇÃO DE BANANA PASSA. Brasília DF: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, 1995. 30p. (Série Perfis Agro industriais, 5).
- QUAST, D.G., TEXEIRA, R.O. Atividade de água em alguns alimentos de teor intermediário de umidade. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.6, n.1, p.203-232, 1975.
- REMANCHA, J.E., IBARZ, A., GINER, J. Evolución del color por efecto de la temperatura, en pulpas de frutas. **Alimentaria**, p.59-68, Julio-agosto 1992.
- ROBINSON, D. S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Zaragoza – España: Editorial Acribia, 1995. 516p.
- ROBSON, J.N. Some introductory thoughts on intermediate moisture foods. In: DAVIES, R., BIRCH,G, PARKER, H.J. **Intermediate moisture foods**, p.32-42, 1976.
- SAMSOM, J.A. Tropical fruits Logman, Londem, Shiota, H. (1993). New steric components in the volatiles of banana fruit (*Musa sapientum* L.). **J. Agric. Food Chem.**, v.1, n.2, p.2056-2062, 1980.
- SCHWARTZ, S.J. High performance liquid chromatography of zinc and cooper pheophytins, **J. Liq. Chromatography**, v.7, p.1673-1683, 1984.
- SGARBIERI, V.C. Aminoácidos da polpa da banana-nanica(*Musa cavendish*) e banana maçã (*Musa sapientum*). **Coletânea do Inst. de Tecn. de Alimentos**, v.2, n.1, p.425-438, 1968.
- SHIN, S., BHOWMIK, S.R. Thermal kinetics of color changes in pea puree. **J. of Food Eng.**, v.24, n.1, p.77-86, 1995.
- SILVA, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 1995. 250p.
- SOKHANSAJ, S., PATIL, R.T. Kinetics of dehydration of green alfalfa, **Drying Technology**, v.14, n.5, p.1197-1234, 1996.

- STRUMILLO, C., ADAMIEC, J. Energy and quality of food drying. **Drying Technology**, v.14, n.2, p.443-448, 1996.
- TORREZAN, R., JARDINE, J.G., VITALI, A. Preservação de alimentos com uso dos métodos combinados: uma revisão. **Bol. SBCTA**, v.31, n.2, p.214-228, jul-dez., 1997.
- TRAVAGLINI, D.A., NETO, M.P., BLEINROTH, E.W., LEITÃO, M.F. **Banana-Passa**: Princípios de secagem, conservação e produção industrial. Campinas: ITAL/ Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73p. (Manual Técnico, 12).
- UBOLDI, M.N. Zygosaccharomyces bailii: características e significado na industria de alimentos. **Boletim do ITAL**, v.20, n.1, p.19-37, 1997.
- VALDÉS, S.M., REGODON, M.J. Estudio del color procedente de dos comarcas vitivinícolas extremeñas I. vinos tintos. **Alimentaria**, p.96-102, Junio, 1996.