



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CAROLINA VIEIRA BEZERRA

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA
FARINHA DE BANANA VERDE OBTIDAS POR
SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

BELÉM

2010

CAROLINA VIEIRA BEZERRA

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA
FARINHA DE BANANA VERDE OBTIDAS POR
SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Prof^ª. Dr^ª.Luiza Helena Meller da Silva (Orientadora)

Prof. Dr. Antônio M.C. Rodrigues (Co-Orientador)

BELÉM

2010

CAROLINA VIEIRA BEZERRA

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA
FARINHA DE BANANA VERDE OBTIDAS POR
SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. Luiza Helena Meller (Orientadora)

FEA/ITEC/UFPA

Prof. Dr. Antônio M. C. Rodrigues

FEA/ITEC/UFPA – Co-Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Edna Regina Amante

CAL/UFSC- Membro

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena

FEA/ITEC/UFPA – Membro

Prof^ª. Dr^ª. Alessandra Santos Lopes

FEA/ITEC/UFPA/ Suplente

BELÉM

2010

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará a seu tamanho original”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A CAPES pela participação no projeto PROCAD – NF.

A Profª Drª Luiza Helena Meller da Silva e ao Prof. Dr. Antônio Manoel Rodrigues da Cruz, orientadora e co-orientador deste trabalho, pela disponibilidade, confiança e paciência.

Aos professores Dr. Rosinelson da Silva Pena e a Drª. Alessandra Santos Lopes pela várias cooperações e orientações neste trabalho.

Meus agradecimentos aos professores: Vânia Barriga e Claudio Neri Lamarão (Instituto de Geociência – Faculdade de Geologia – UFPa), Carlos Emmerson Ferreira da Costa (Química – UFPa), Alcilene Fritz e Edna Amante (UFSC), pela viabilização de análises realizadas neste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão pelo apoio, conversas de incentivo e carinho. Ao meu namorado pelo companheirismo. A Elaine e Marcelo pela sempre torcida em meus projetos pessoais, aos meus sobrinhos (Samara, Fabiana e Fábio Victor) pelos muitos momentos de descontração e relaxamento.

Ao Saulo e Sr. Mário pelos auxílios nas atividades desenvolvidas nos laboratórios.

Aos amigos, Carol, Taiana, Hugo, Thais Souza, Marco Antônio, Beth, Welington, Rebeca e Milena, por terem me ajudado a seguir essa etapa, podendo dizer que esses dois anos valeram a pena pelo conhecimento adquirido e também por essas amizades construídas.

Em especial as “queridinhas” Thais Franco e Lidiane Pimenta pelo apoio, amizade, por terem cedido seus ouvidos para minhas lamentações, reclamações, desabafo, sempre com palavras de encorajamento e otimismo. Valeu mesmo!

NOMENCLATURA

FAM – *Free amylose*

LAM – Lipid amylose

DP – Grau de polimerização

FFA – *Free fat acids*

LPL – Lisofosfolípido

DSC – *Differential scanning calorimetry*

RVA – *Rapid viscoanalyser*

AR – Amido resistente

AT – Amido total

AD – Amido disponível

AGCC – Ácido graxo de cadeia curta

PI – Poder de inchamento

IS – Índice de solubilidade

SC – Sem casca

CC – Com casca

MEV – Microscopia eletrônica de varredura

b.s – Base seca

IDR – Ingestão diária recomendada

XEQ – Umidade de equilíbrio

Qmj – Vazão de jorro mínima

Vji – Vazão de jorro incipiente

Hmáx - Altura máxima de jorro estável

Vmáx – Velocidade máxima de jorro

$\Delta P_{máx}$ – Quedra de pressão máxima

ΔP_{je} – Queda de pressão de jorro estável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVO GERAL	18
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	A BANANA.....	19
3.2	CULTIVAR NANICÃO (<i>Musa acuminata Cavendish. L.</i>).....	21
3.3	MATURAÇÃO E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	22
3.4	AMIDO.....	24
3.4.1	Amilose	24
3.4.2	Amilopectina	26
3.4.3	Componentes secundários associados aos amidos	28
3.4.4	Estrutura interna e cristalinidade	28
3.4.5	Propriedades funcionais dos amidos	29
3.4.5.1	Gelatinização.....	29
3.4.5.2	Viscosidade de pasta.....	31
3.4.5.3	Poder de inchamento e solubilidade dos grânulos.....	32
3.4.5.4	Retrogradação.....	32
3.5	AMIDO RESISTENTE.....	33
3.6	FARINHA DE BANANA VERDE.....	35
3.7	SECAGEM EM LEITO DE JORRO.....	36
3.7.1	Características fluidodinâmicas do regime de jorro	37
3.7.2	Secagem de pastas em leite de jorro	40
3.7.3	Material inerte	41

4	MATERIAL E MÉTODO	43
4.1	MATÉRIA – PRIMA.....	43
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	43
4.3	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	44
4.4	CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	47
4.5	PREPARO DA MATÉRIA PRIMA PARA SECAGEM.....	47
4.6	SECAGEM EM LEITO DE JORRO.....	48
4.7	PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	52
4.8	DETERMINAÇÃO DO VALOR CALÓRICO DAS FARINHAS.....	53
4.9	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FARINHAS.....	53
4.10	ISOTERMAS DE SORÇÃO.....	53
4.11	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA MATÉRIA PRIMA.....	55
5.2	COMPOSIÇÃO CENTESIMA DA BANANA NANICÃO.....	56
5.3	CARACTERÍSTICA DA SECAGEM.....	57
5.4	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS FARINHAS.....	59
5.5	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS SELECIONADAS	73
5.6	CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS SELECIONADAS.....	74
5.7	ISOTERMA DE SORÇÃO DAS FARINHAS SELECIONADAS.....	75
6	CONCLUSÃO	78
	REFERENCIAS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bananas da variedade Nanicão.....	21
Figura 2	Estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicose unidas em α - (1,4)).....	25
Figura 3	Estrutura da amilopectina (polímero ramificado composto por D-glicose unidas em α - (1,4) e α - (1,6)).....	26
Figura 4	Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C.....	28
Figura 5	Estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento esquematicamente (A) e por microscopia eletrônica de varredura (b).....	29
Figura 6	Esquema representativo da gelatinização do amido.....	30
Figura 7	Esquema de funcionamento interno do leito de jorro.....	38
Figura 8	Curva característica da queda de pressão no leito de jorro em função da velocidade.....	39
Figura 9	Banana tipo AAA Nanicão cortadas em rodela.....	48
Figura 10	Esquema ilustrativo do secador tipo jorro.....	49
Figura 11	Sistema de coleta das farinhas.....	50
Figura 12	Distribuição granulométrica das farinhas de banana verde com casca e sem casca.....	60
Figura 13	Rendimento das farinhas de banana verde com casca e sem casca obtidas em secador leito de jorro.....	61
Figura 14	Correlação entre solubilidade e poder de inchamento em água.....	64
Figura 15	Correlação entre solubilidade e quantidade de amido disponível.....	65
Figura 16	Curva de viscosidade das farinhas com casca e sem casca obtidas nas diferentes condições de secagem.....	66
Figura 17	Microscopia eletrônica dos grânulos de amido de farinha de banana verde....	71
Figura 18	Microscopia óptica dos grânulos de amido das farinhas de banana verde.....	72

Figura 18	Isoterma de sorção da farinha de banana verde sem casca ajustada ao modelo de BET completo.....	76
------------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produtividade média dos cinco maiores produtores de banana no mundo.....	19
Tabela 2	Composição centesimal da polpa e casca de banana verde (Pavocan).....	23
Tabela 3	Escala de maturação da banana segundo teores de amido e açúcares solúveis.....	24
Tabela 4	Ensaio de secagem	51
Tabela 5	Valores de sólidos solúveis de banana ao longo da maturação.....	55
Tabela 6	Valores médios de sólidos solúveis e parâmetros físicos das bananas Nanicão.....	56
Tabela 7	Composição centesimal das amostras de banana com casca e sem casca.....	57
Tabela 8	Vazão de alimentação e tempo total de secagem das amostras de banana com casca e sem casca.....	58
Tabela 9	Valores de cor instrumental das farinhas de banana verde com casca e sem casca nas diferentes condições de secagem.....	59
Tabela 9	Distribuição granulométrica das farinhas de banana verde com casca e sem casca.....	54
Tabela 10	Valores de solubilidade e poder de inchamento das farinhas de banana verde com casca e sem casca a 27 °C.....	62
Tabela 11	Valores de solubilidade das farinhas de banana verde obtidas nas diferentes condições de secagem.....	64
Tabela 12	Valores de poder de inchamento das farinhas de banana verde obtidas nas diferentes condições de secagem.....	64
Tabela 13	Valores de umidade e atividade de água das farinhas nas diferentes condições de secagem.....	68
Tabela 14	Valores de amido total, amido disponível e amido resistente das farinhas.....	69
Tabela 15	Conteúdo de amido resistente nas polpas e nas farinhas de banana verde.....	70
Tabela 16	Composição centesimal das farinhas de banana verde com casca e sem casca.....	73
Tabela 17	Composição de macronutrientes X percentual de Ingestão Diária Recomendada para adultos.....	74

Tabela 18	Valores médios de coliformes a 45°C, <i>Bacillus cereus</i> e <i>Salmonella</i> sp nas farinhas de banana verde com casca e sem casca.....	74
Tabela 19	Dados de isoterma de sorção das farinhas de banana verde sem casca.....	75
Tabela 20	Parâmetros de BET completo para farinhas de banana verde sem casca.....	76

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHA DE BANANA VERDE OBTIDAS POR SECAGEM EM LEITO DE JORRO

Carolina Vieira Bezerra

RESUMO

A banana representa a quarta cultura agrícola mais importante, sendo a produção brasileira a quarta maior, porém com pouca expressividade, seus índices de desperdícios são considerados altos representando perda econômica para o País. A farinha de banana, principal subproduto da banana verde, é uma das formas mais comuns de sua preservação. Assim como as polpas, sua casca também tem sido bastante utilizada como estratégia de agregação de valor a mesma, se destaca devido à grande variedade de vitaminas e minerais presentes em sua casca e polpa, assim como pelo seu alto conteúdo de amido/ amido resistente. As técnicas empregadas para o processamento de farinha têm como fundamento básico os princípios da secagem. A secagem em leito de jorro vem sendo apresentada na literatura, como uma ótima alternativa para a secagem de pastas e suspensões, produzindo produtos em pó com alta qualidade e com baixo custo. É bastante utilizada na desidratação de materiais termo sensível como os farmacêuticos e alimentícios. Este trabalho teve como objetivo caracterizar as farinhas de banana verde com casca e sem casca obtidas através da secagem em leito de jorro, sendo avaliados as propriedades funcionais (viscosidade, poder de inchamento e solubilidade), as características físicas, químicas, microbiológicas e morfológicas assim como seu comportamento hidrocópico (isoterma de sorção). Com os resultados obtidos foi verificado que as farinhas com casca e sem casca apresentaram comportamento viscosográfico bastante semelhante apresentando em geral viscosidade máxima elevada, resistência dos grânulos a ação mecânica e alta tendência a retrogradação, assim como valores aproximados de poder de inchamento e solubilidade, apresentando baixa solubilidade a frio e alta solubilidade a quente. As faixas das variáveis utilizadas no processo de secagem (altura do leito – 12 cm e 15 cm e temperatura – 80 °C e 90 °C) não tiveram correlação com os dados obtidos de solubilidade e poder de inchamento, inferindo que as mesmas não influenciaram nessas propriedades. As farinhas obtidas não sofreram gelatinização, seus grânulos de amido variaram de 70 a 110µm, com características morfológicas achatados e alongados. Apresentaram isoterma de sorção do tipo II e III, respectivamente, sendo o modelo BET completo o que melhor se ajustou aos dados, obtendo-se valores de monocamada de adsorção de 5,78 e 4,34 respectivamente e de dessorção de 4,85 e 4,14 respectivamente.

PALAVRA – CHAVE: AMIDO, AMIDO RESISTENTE, LEITO DE JORRO, BANANA

CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF TECHNOLOGY GREEN BANANA FLOUR OBTAINED BY DRYING IN SPOUTED BED

Carolina Vieira Bezerra

ABSTRACT

The banana is the fourth most important crop, with production in Brazil's fourth largest, but with little expression, their rates of wastes are considered high representing economic loss for the country banana flour, the main byproduct of the green banana is a the most common forms of preservation. Like the pulp, the bark has also been widely used as a strategy to add value to it, stands out due to the wide variety of vitamins and minerals present in your skin and pulp, as well as its high content of starch or resistant starch. The techniques used for processing flour are based on the basic principles of drying. The drying in spouted bed has been presented in the literature as a great alternative for the drying of pastes and suspensions, producing powdered products with high quality and low cost. And widely used in the dehydration of the term sensitive materials such as pharmaceuticals and foods. This study aimed to characterize the green banana flour shell and shelled obtained by drying in spouted bed, and evaluated the functional properties (viscosity, swelling power and solubility), the physical, chemical, microbiological and morphological as well as hygroscopic behavior (sorption isotherm). With these results it was found that the flour with husk and without husk viscographic behaved quite similar showing in general higher maximum viscosity, resistance of granules to mechanical action and tendency to retrogradation, as well as approximate values of swelling power and solubility, has low solubility and high solubility in cold to warm. The tracks of the variables used in the drying process (bed height - 12 cm and 15 cm and temperature - 80 ° C and 90 ° C) were not correlated with data obtained from solubility and swelling power, inferring that they did not influence these properties. The flour obtained did not undergo gelatinization, their starch granules ranged from 70 to 110µm, with flattened and elongated morphology. Sorption isotherm showed type II and III, respectively, the BET model complete the best fit to the data, obtaining values of monolayer adsorption of 5.78 and 4.34 respectively and 4.85 and desorption 4.14 respectivamente.

KEY – WORDS: STARCH, RESISTANCE STARCH, SPOUTED BED, BANANA

1. INTRODUÇÃO

Um dos aspectos do desenvolvimento brasileiro, devido à característica fundamentalmente agrícola do País, está relacionado com o desenvolvimento dos seus setores agroindustriais. A exemplo dos complexos canavieiros e cítricos, outros setores de importância sócio-econômica têm sido explorados, com uma visão integralizada com o intuito de trazer aos produtos agrícolas maior valor agregado, evitando desperdício de alimentos, aumentando a renda dos produtores e trazendo matérias-primas alimentícias alternativas e nutritivas (BORGES, 2003).

Cultivada de Norte a Sul do Brasil, a banana é um das frutas mais consumidas do mundo. Representa a quarta cultura agrícola mais importante, depois do arroz, trigo e milho, tendo uma importância social já que é uma fonte barata de energia, minerais e vitaminas. O Brasil está entre os cinco maiores produtores de banana do mundo, porém com pouca expressividade no mercado mundial, seus índices de desperdícios são considerados altos representando perda econômica para o País (ARRUDA et al. 2008).

A farinha de banana, principal subproduto da banana verde, é uma das formas mais comuns de preservação da banana. Assim como as polpas, sua casca também tem sido bastante utilizada como estratégia de agregação de valor a mesma. Sob o ponto de vista tecnológico e comercial vem ganhando destaque devido à grande variedade de vitaminas e minerais presentes em sua casca e polpa, assim como pelo seu alto conteúdo de amido/ amido resistente, podendo servir de ingredientes na elaboração de novos produtos como biscoitos, bolos, mingau, pães, sorvetes, produtos dietéticos, dentre outros, se mostrando como um empreendimento bastante promissor (NETO, 1998; LIMA; NEBRA; QUEIROZ, 2000; BORGES, 2003).

As farinhas de banana verde apresentam, em média, 65 % de amido em sua constituição, valor não muito diferente quando comparado com os da farinha de trigo (65 % a 72 %), segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1978). Dependendo de suas propriedades funcionais, que estão diretamente relacionadas com a estrutura do amido, podem ser utilizadas como substitutos parciais da farinha de trigo, tradicionalmente utilizadas na elaboração de muitos produtos, ou substituto integral, sendo uma alternativa utilizada para elaboração de produtos para pacientes celíacos, por exemplo, já que não possui glúten em sua constituição (DEMIATE; CEREDA, 2000).

Dentre as principais variáveis que influenciam na morfologia dos amidos tem-se a temperatura e a umidade como as mais significativas. O emprego de temperaturas elevadas na secagem, para obtenção de farinhas pode, dependendo das características do processo, afetar a estrutura inicial do amido e conseqüentemente suas propriedades funcionais (LOBO; SILVA, 2003; SALGADO et al. 2005). Avaliar as variáveis do processo de secagem e sua influência sobre a estrutura do amido, conhecendo seus efeitos é

importante, não só pelas variáveis físicas envolvidas, mas também como um indicativo de uso diferenciado das farinhas obtidas em estratégias específicas.

A secagem em leito de jorro vem sendo apresentada na literatura, como uma ótima alternativa para a secagem de pastas e suspensões, produzindo produtos em pó com alta qualidade e com baixo custo. É bastante utilizada na desidratação de materiais termo sensível como os farmacêuticos e alimentícios e quando comparado com outros processos de secagem destaca-se por apresentar uma alta taxa de transferência de massa e calor e curto tempo de residência da amostra no leito.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar as propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de banana verde com casca e sem casca, obtidas pelo processo de secagem em leito de jorro.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estudar a influência das variáveis de secagem temperatura e altura de leito sobre as propriedades funcionais (poder de inchamento, solubilidade e viscosidade) das farinhas;
- b) Caracterização microbiológica, física e físico química das farinhas
- c) Estudar o comportamento higroscópico das farinhas
- d) Caracterização morfológica das farinhas

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A BANANA

A banana ocupa lugar de destaque dentro do conjunto de todos os vegetais úteis ao homem, principalmente pelo grande valor econômico de alguns cultivares. A maioria originou-se no continente Asiático, evoluindo a partir das espécies diplóides selvagens *Musa acuminata Colla* e *Musa balbisiana Colla*, razão pela qual as plantas geradas apresentam características das duas espécies. Pertencem a classe *Monocotyledoneae*, da ordem *Scimitales*, família *Musaceae* e subfamília *Musoideae* com dois gêneros, *Musa*, onde se encontram os frutos comestíveis e de interesse tecnológico e *Ensete* com frutos ornamentais (ALVES, 1999).

Estão agrupadas em três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide, respectivamente com dois, três e quatro múltiplos do número básico ou genoma de 11, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas dos genomas completos das espécies parentais. Esses genomas são definidos pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), de cujas combinações resultam os grupos conhecidos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB, ABBB (MANICA, 1997; VIVIANE, 2006).

Existem mais de 150 variedades de bananeiras, porém são poucas as que atendem o mercado, no que se refere ao potencial agrônomo, alta produtividade, qualidade de fruto, tolerância a pragas, doenças e porte adequado. Dentre todos os cultivares, destacam-se em nível de produção e comercialização: Grande Naine, Nanicão, Nanica, Branca, Maçã e Mysore (CRUZ; COSTA, 2007).

A distribuição da produção mostra que a oferta mundial se concentra em reduzido grupo de países da Ásia e da América Latina. Os principais países produtores são, respectivamente, Índia, China, Filipinas, Brasil, Equador (Tabela 1), que respondem por 51% da produção mundial (ARRUDA et al. 2008).

Tabela 1 Produtividade média dos cinco maiores produtores de banana no mundo.

PAIS	PRODUÇÃO (Tonelada)
Índia	217.664,00
China	80.387,29
Filipinas	74.840,29
Brasil	70.956,50
Equador	60.023,02

Fonte: IBGE (2009)

O alto volume de exportação da banana é justificado por algumas características peculiares ao cultivar, tais como: grande rendimento por hectare, obtendo uma produção de 75 a 100 toneladas de fruta por hectare, em regiões tropicais; apresentar um ciclo relativamente curto, podendo um cacho ser colhido, em regiões tropicais, em 12 a 14 meses após o plantio das mudas; pela facilidade de propagação, permitindo a obtenção de grande quantidade de mudas em pouco tempo e pela produção contínua, podendo ser produzida o ano todo (MANICA, 1997).

De algo em torno de 20 milhões de toneladas, em 1961, a produção mundial de banana aumentou de 36 milhões de toneladas em 1980 para 58 milhões de toneladas em 1998, chegando aos 58,5 milhões no ano de 2005. Esse extraordinário aumento foi motivado por melhores práticas de produção e novas variedades de plantas resistentes a pragas. Outro fator que motivou esse incremento na produção foi o desenvolvimento do transporte marítimo refrigerado que reduziu, significativamente, as perdas causadas por maturação antecipada (MANICA, 1998; CRUZ; COSTA 2007).

No Brasil, a banana é cultivada desde a faixa litorânea até os planaltos do interior. Apresenta características peculiares que a diferencia das outras regiões produtoras do mundo, tanto em relação à diversidade climática em que é explorada quanto ao uso de cultivares, forma de comercialização e exigências do mercado consumidor. Os cultivos são geralmente de formatos tradicionais, com baixos índices de capitalização e baixo nível de tecnologia, o que pode justificar a inexpressividade mundial do Brasil (FIOVARANÇO, 2003).

Uma pequena parcela da produção nacional é canalizada para a exportação, tendo como destinos majoritários Argentina e Uruguai, representando, no ano de 2008 o volume monetário na ordem de 44 milhões de dólares (CASER, 2008). Segundo a Secretaria do Comércio Exterior (SECEX, 2002), as exigências de qualidade para o MERCOSUL são muito menores quando comparadas as norte-americanas e européias.

As principais regiões produtoras de banana são Nordeste, representado pelo Estado da Bahia, Sudeste, representado pelo Estado de São Paulo, e Norte, representado pelo Estado do Pará (IBGE, 2007).

O Estado do Pará destaca-se na produção de frutas tropicais na forma artesanal, ou seja, produção para consumo próprio. Esse tipo de atividade não chega a representar uma opção produtiva que permita ao Estado ganhar uma posição de importância comercial dentro do mercado internacional (SANTANA; AMIN, 2002). Cinco municípios destacam-se em produtividade no Estado: Novo Repartimento, Ulianópolis, Rurópolis, Itupiranga e Anapu (IBGE, 2006).

Devido aos elevados custos com o transporte e a dificuldade de acesso dos municípios produtores em relação à capital, grande parte da produção do Estado é escoada para outros Estados, tais como: Amazonas,

Amapá, Maranhão e Goiás. Com isso a produção regional não atinge o seu maior centro consumidor, a capital Belém, que é dotada de infra-estrutura básica de comercialização, o Centro de Abastecimento (CEASA), onde os preços podem ser mais compensadores para o produtor, gerando maior nível de utilização da mão de obra local (ALENCAR et al. 1995).

2.2. CULTIVAR NANICÃO (*Musa acuminata Cavendish L*)

O cultivar Nanicão (Figura 1) é um mutante do cultivar Nanica, surgido na baixada Santista há mais de 60 anos. Mutações ocorreram com relativa frequência, sendo estimado para o caso das bananeiras, o aparecimento de um novo mutante a cada ano, em uma população de um milhão de plantas. O cultivar Nanicão é caracterizado como triplóide de *Musa acuminata* (AAA), do subgrupo Cavendish (MANICA, 1997).

É uma planta de porte médio, com 2,3 a 3,3 metros de altura, produz cachos muito grandes que pesam de 23 a 45 kilogramas. Forma de 8 a 15 pencas, tendo em cada uma de 12 a 31 frutos, pesando de 95 a 260 gramas cada. Seu comprimento varia de 16 a 25 centímetros e o diâmetro de 3,6 a 4,8 centímetros. Sua casca é de espessura média, de cor verde tendendo para a amarela quando começa a amadurecer e solta com facilidade quando o fruto está maduro. O sabor da polpa é muito agradável, com grande aceitação dos frutos no mercado (MANICA, 1998; RANGEL et al. 1998).



Figura 1 Bananas da variedade Nanicão.

Fonte: Campos; Veras (2008).

Em muitos casos, a banana Nanicão substitui a Nanica, devido apresentar melhor conformação de cachos e de frutos, maior resistência à seca, maior resposta a adubação e maior valor por cacho. A banana Nanicão também se destaca pela peculiaridade no tempo de maturação. Após a retirada do fruto verde, o mesmo pode levar de 12 a 15 dias para atingir a senescência (NASCIMENTO JÚNIOR et al. 2008)

3.3 MATURAÇÃO E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA BANANA

A maturação é o resultado de mudanças complexas que ocorrem no fruto, caracterizada principalmente pelo aumento na concentração de açúcares, solubilização de substâncias pécnicas, degradação de pigmentos, aumento na concentração de ácidos, variações nos níveis de enzimas, minerais e vitaminas e mudanças na permeabilidade dos tecidos. Nas bananas essas alterações são bem definidas, já que se trata de uma fruta climatérica (IZIDORO, 2007).

Ao longo da maturação observa-se a mudança de coloração da casca das bananas tendendo totalmente ao amarelo quando madura, justificada pela destruição da clorofila por ação enzimática, fazendo com que a xantofila e o caroteno tornem-se cada vez mais evidentes com o processo de maturação (LUCCAS, 1996).

A clorofila quando degradada forma compostos chamados de feofitinas que apresentam coloração marrom castanho, a degradação é intensificada quando é exposta a temperaturas elevadas, a baixo pH e ao oxigênio (MALHEIROS, 2007). Para o caso da degradação pelo pH, o íon hidrogênio tem a capacidade de remover facilmente o átomo de magnésio central e substituí-lo por hidrogênio, transformando irreversivelmente a clorofila em feofitina. Por exposição à temperatura a clorofila sofre isomerização formando feofitina e feoforbídeo, já caso de exposição ao oxigênio a clorofila é oxidada formando, geralmente, as clorinas e rodinas pigmentos, responsáveis pela coloração parda (MALHEIROS, 2007).

A adstringência nas bananas verdes, causada pela presença de taninos livres, diminui por completo quando totalmente maduras, já que ao longo da maturação os taninos combinam-se com os açúcares ou entram no metabolismo da respiração (MANICA, 1997).

Observa-se, também, um aumento discreto na umidade da polpa devido às transformações que os carboidratos sofrem. Em geral, o conteúdo de umidade da polpa de banana verde é, em média, 70 % e se eleva para 75 % quando completamente madura (HOFSETZ, 2003).

O aroma característico da banana também se intensifica com a maturação, sendo produzido, durante essa fase, substâncias voláteis importantes para o aroma, tais como: ésteres, alcoóis, aldeídos, cetonas, aminas e fenóis, sendo os ésteres o grupo de substâncias voláteis mais importantes que contribuem para o odor característico da fruta (NASCIMENTO JÚNIOR et al. 2008).

Sua polpa quando madura tem boa aceitação. É composta principalmente por carboidratos sob forma de sacarose, responsáveis pelo sabor adocicado da fruta. Possui baixos teores de proteínas e lipídios e uma ampla escala de diferentes minerais, dando-se destaque ao potássio (Tabela 2).

Assim como a polpa, as cascas de bananas são nutritivas (Tabela 2) e podem ser utilizadas como estratégia de aproveitamento integral de alimentos, como parte integrante de produtos para melhorar a qualidade nutricional dos mesmos e reduzir os desperdícios (GONDIM et al. 2005).

Tabela 2 Composição centesimal de polpa e casca de banana verde (Pavocan)

	Polpa	Casca
Umidade (%)	69,89	88,75
Lipídios (g)	0,072	0,66
Proteínas (g)	1,95	1,03
Fibras (g)	1,084	1,64
Carboidratos (g)	26,304	6,95
Cálcio (mg)	39,58	66,17
Ferro (mg)	1,18	1,16
Sódio (mg)	61,78	41,86
Magnésio (mg)	48,57	22,63
Zinco (mg)	0,53	0,84
Alumínio (mg)	6,39	7,40
Potássio (mg)	219,66	335,06

Fonte: Medeiros et al. (2005).

A alteração mais perceptível que ocorre na banana durante a maturação é a transformação do amido em açúcares. A banana verde possui alto teor de amido que durante a maturação é convertido em açúcares pela ação enzimática (Tabela 3). Ocorre uma diminuição dos carboidratos totais devido a utilização no processo de respiração. Os sólidos totais apresentam uma pequena redução a medida que a fruta amadurece, o que se atribui a uma absorção de água pela polpa. No entanto, os sólidos solúveis aumentam rapidamente, devido a degradação do amido em açúcares solúveis (ASOAKA et al. 1991, HOFSETZ, 2003,).

Tabela 3 Escala de maturação da banana, segundo aspectos e teores de amido e açúcares.

Estágio de Maturação	Aspecto da fruta	Amido (%)	Açúcares redutores (%)	Sacarose (%)
1	Fruta totalmente verde	61,7	0,2	1,2
2	Verde	58,5	1,3	6
3	Verde com traços amarelos	42,4	10,8	18,4
4	Mais verde que amarelo	39,8	11,5	21,4
5	Mais amarelo que verde	37,6	12,4	27,9
6	Amarelo com as pontas verdes	9,7	15	53,1
7	Todo amarelo	6,3	31,2	51,9
8	Amarelo com traços marrons	2,6	33,6	53,2

Fonte: Izidoro (2007).

3.4 AMIDO

O amido apresenta grande importância industrial e nutricional. Encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies de vegetais, sendo abundante em: grãos de cereais, raízes e tubérculos. É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80% - 90% de todos os polissacarídeos da dieta, e o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (WALTER, 2005).

Representa a maior reserva de polissacarídeos de frutas ainda no estágio verde e, provavelmente, é o segundo carboidrato mais abundante na natureza, depois da celulose. Sua formação ocorre devido a atividade combinatória de algumas enzimas, que catalisam a síntese de polímeros, utilizando como material básico a glicose produzida na fotossíntese e pode ser dividida em três etapas. A primeira etapa resultando na conversão da glicose em glicose – 1 fosfato, a segunda na conversão da glicose – 1 – fosfato em adenosina difosfato glicose (ADPG) e por fim a conversão da ADPG em cadeias glucanas, formadas por estruturas de amilose e amilopectina (FRANCO et al. 2002).

3.4.1 Amilose

A amilose é um polímero essencialmente linear de unidades de α -D-glicopiranosose ligadas em α -(1,4), com poucas ligações tipo α -(1,6) (Figura 2). Tem um número médio de grau de polimerização (DP) de 500-5000 unidades de resíduo de glicose. Seu peso molecular é da ordem de 2500 daltons, mas varia muito, não somente entre espécies de plantas, mas também dentro da mesma espécie e, depende, também, do grau de maturação (ELIASSON, 1996).

Baseado na quantidade de amilose, os amidos, também, podem ser classificados em diferentes grupos, tais como: amidos cerosos, que contém pequenas quantidades de amilose, aproximadamente 1 %; amidos normais, que contém entre 17 % a 24 % de amilose e amidos de alta amilose com 70 % ou mais deste polímero (BELLO-PEREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

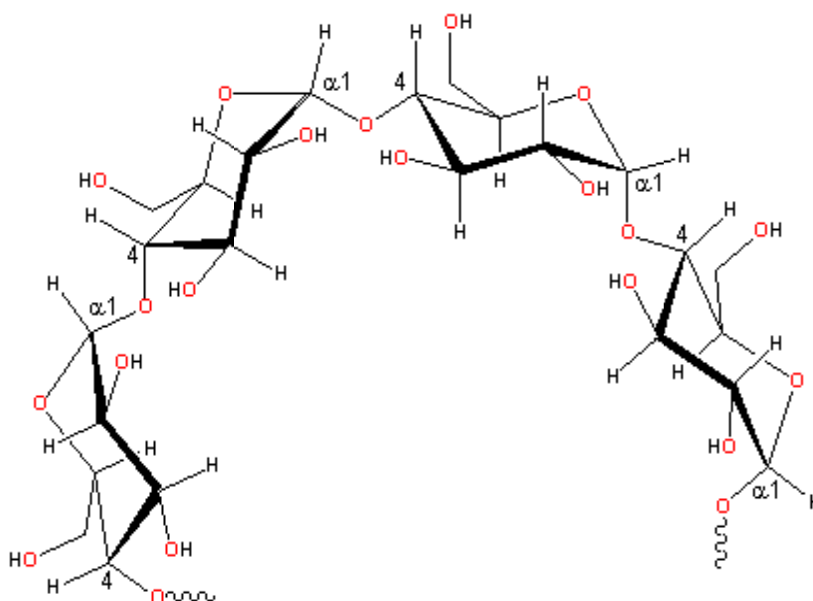


Figura 2 Estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1,4)).

Fonte: Denardin (2008).

A amilose pode estar presente sob forma de complexos amilose-lipídios (*Lipid – amylose* LAM) ou amilose livre (*Free amylose - FAM*). Os LAM podem ser naturalmente encontrados no amido nativo e também formados o tratamento térmico (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004).

Muitas das propriedades da amilose podem ser explicadas pela habilidade em formar diferentes estruturas moleculares. Mudanças moleculares tornam possível a formação de complexos com moléculas de

lipídios nas regiões superficiais do grânulo, o que inibe a degradação do amido, principalmente por enzimas como fosforilase, α -amilase e β -amilase (LAJOLO; MENEZES, 2006).

3.4.2 Amilopectina

A amilopectina é, estruturalmente e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar os grânulos, como ocorre em espécies mutantes que são desprovidos de amilose. É formada por unidades de glicose unidas em ligação do tipo α -(1,4) e α -(1,6), formando uma estrutura ramificada (Figura 3). As proporções em que estas estruturas aparecem diferem também entre as fontes, variedades de uma mesma espécie e com o grau de maturação (ELIASSON, 1996).

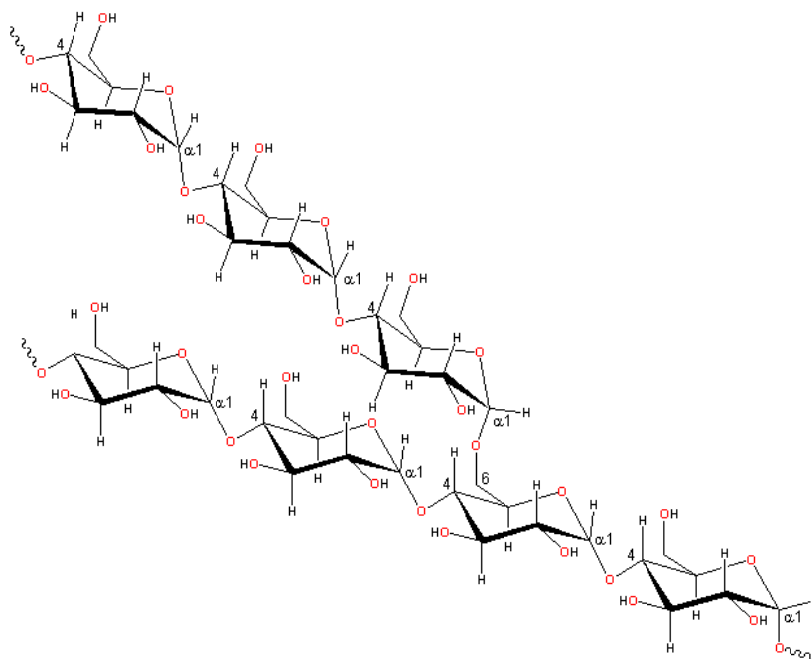


Figura 3 Estrutura da amilopectina (polímero ramificado composto por D-glicose unidas em α -(1,4) e α -(1,6).

Fonte: Denardin (2008).

A amilopectina apresenta um grau de polimerização (DP) de 4700- 12800 unidades de resíduos de glicose. É digestivamente degradada pela ação da β -amilase nas uniões α -(1,4), produzindo dextrinas e depois, por ação das enzimas pululanase e isoamilase, que atuam nas ligações α -(1,6) produzindo maltose (ELIASSON, 1996).

Dependendo da característica estrutural da amilopectina, têm-se grânulos com estruturas cristalinas diferenciadas, que proporcionam padrões específicos de difração de raio-X, sendo classificados como tipos A, B ou C (FRANCO et al. 2002).

A amilopectina do tipo A é composta por uma cadeia não redutora de glicose, unida por ligações α - (1,4) sem ramificações, sendo unida a uma cadeia tipo B, através de ligações α - (1,6). As cadeias do tipo B são compostas por glicose ligadas em α -(1,4) e α -(1,6), contendo uma ou várias cadeias do tipo A e podem conter cadeias tipo B, unidas através de um grupo hidroxila primário. Já a cadeia C é a única em uma molécula de amilopectina, sendo composta por ligações α -1,4 e α -1,6, com grupamento terminal redutor (Figura 4) (ELIASSON, 2004).

A amilopectina tipo A ocorre na maioria dos cereais (milho, arroz, trigo, aveia) e é descrita como uma unidade celular monocíclica condensada e cristalina, onde 12 resíduos de glicose de duas cadeias no sentido anti-horário abrigam quatro moléculas de água entre as hélices. Já a estrutura de padrão B (tubérculos, arroz com alto teor de amilose e amido retrogradado) é mais claramente definida, sendo composta por uma unidade básica de cadeias que são empacotadas em um arranjo hexagonal, onde a unidade celular tem duas hélices no sentido anti-horário, alinhadas e arranjadas em paralelo. Esta estrutura contém 36 moléculas de água para cada 12 resíduos de glicose, sendo que a metade desta água é fortemente ligada as duplas hélices e a outra é concentrada em um eixo parafuso. Além de serem considerados mais ricos em amilose, estes tipos de amido apresentam formatos e tamanhos semelhantes, e são resistentes a hidrólise, tanto enzimática quanto ácida. A cristalinidade tipo C é uma estrutura intermediária entre os modelos A e B (ELIASSON, 2004).

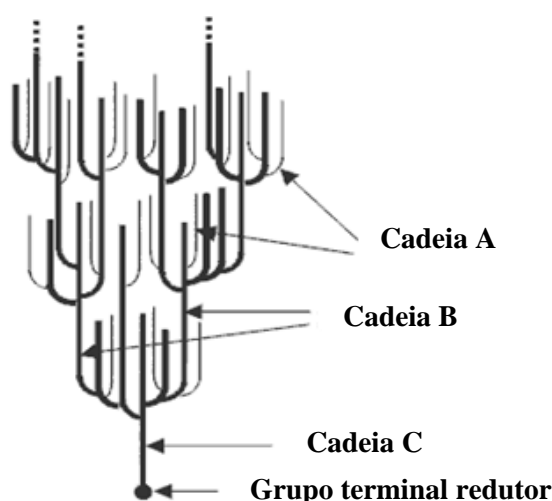


Figura 4 Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C.

Fonte: Denardin (2008).

3.4.3 Componentes secundários associados aos amidos

Embora a composição monomérica do amido seja fundamentalmente constituída por glicose, vários constituintes minoritários que afetam suas propriedades podem estar presentes, associados ou como contaminantes. Os grânulos de amido podem conter lipídios integrais na forma de lisofosfolipídios (*Lisofosfolipid* - LPL) e ácidos graxos livres (*Free Fat Acids* - FFA), que são positivamente relacionados a fração amilose. Os LPL podem compor entre 0,5 % e 2 % do peso do amido. Nos amidos com elevado teor de amilose, estes lipídios formam complexos helicoidais com amilose, sendo insolúveis em água e apresentam temperaturas de dissociação acima de 93 °C. (DENARDIN, 2008).

Ainda pode-se ter proteínas presentes na estrutura do amido, principalmente, proteínas de armazenamento ou resíduos de enzimas de síntese ou degradação de amido, podendo tornar-se ativas se expostas a certas condições, influenciando na funcionalidade do amido. O amido também contém quantidades relativamente pequenas de minerais, que apresentam pouca funcionalidade, com exceção do fósforo, o qual pode estar presente sob 3 formas: mono-ésteres de fosfato, fosfolipídios e fosfatos inorgânicos. Mono-ésteres de fosfato estão seletivamente ligados a regiões específicas dentro das moléculas de amilopectina (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Segundo Teixeira (1998) os amidos de banana possuem aproximadamente 0,10 % de proteínas, 0,58 % de lipídios, 0,06 % de fibras e 0,04 % de minerais.

3.4.4. Estrutura interna e cristalinidade

Após a síntese dos polímeros de amilose e amilopectina os grânulos de amido são formados. Sua funcionalidade assim como sua organização física na estrutura granular é atribuída exclusivamente a estes dois polímeros. A medida que a planta produz esses polímeros, eles se depositam em camadas sucessivas, também chamadas de anéis de crescimento, ao redor de um ponto central, "*hilum*", para gerar um grânulo compacto, composto por regiões cristalinas (formadas pelas ramificações da estrutura de amilopectina, extremamente compactas e resistentes a hidrólise) e por regiões amorfas (Figura 5). A primeira camada de crescimento esta no centro (*hilum*), contém grandes proporções de terminais redutores dos constituintes do amido (amilose e amilopectina), sendo normalmente menos organizado que o resto do grânulo. Os terminais não redutores da amilose e amilopectina irradiam para a superfície do grânulo, permitindo a adição de mais resíduos de glicose para aumentar as cadeias de amilopectina (FRANCO et al. 2002; GONÇALVES, 2007; DENARDIN, 2008).

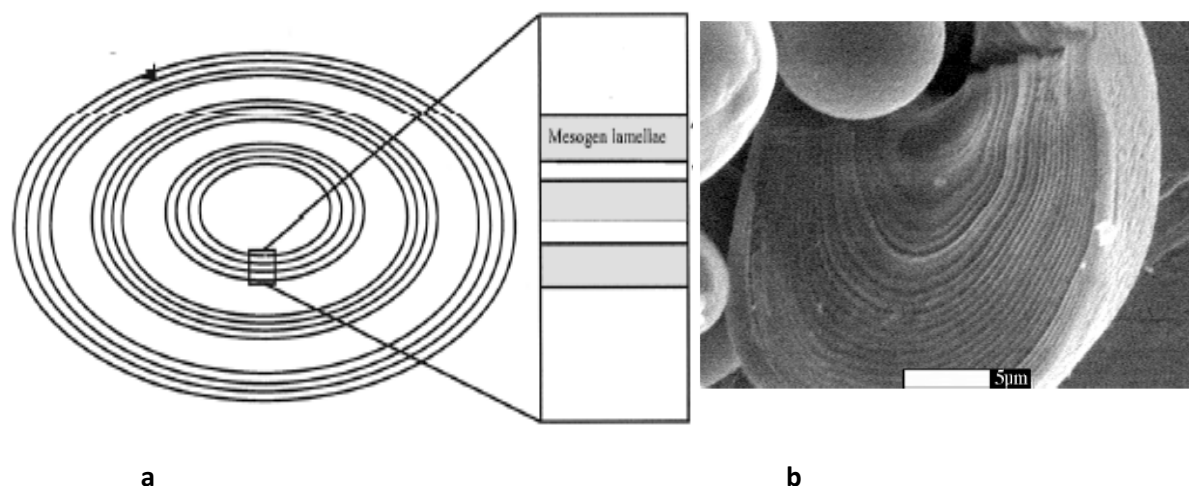


Figura 5 Estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento esquematicamente (a) e por microscopia eletrônica de varredura (b).

Fonte: Eliasson (2004).

3.4.5 Propriedades Funcionais dos amidos

O grânulo de amido é constituído principalmente por longas cadeias de glicose interligadas e envoltas sobre si mesmas. Essas cadeias apresentam diferentes graus de hidratação e estão compactadas em estruturas caracterizadas como grânulos. As reações hidrotérmicas tratam da relação dos grânulos de amido com a água e as variações de temperatura na faixa de 30 °C a 200 °C, provocando profundas alterações estruturais e evidenciando muitas propriedades funcionais de interesse industrial (FRANCO et al. 2002).

3.4.5.1 Gelatinização

O aquecimento de suspensões de amido, em excesso de água (>60 %), causa uma transição irreversível denominada de gelatinização. Nessa condição as moléculas de amido vibram intensamente, rompendo ligações de hidrogênio intermoleculares, permitindo assim que a água penetre solubilizando as moléculas de amilose e amilopectina, induzindo a gradual perda da integridade granular (perda da birrefringência), com fusão dos cristais, gerando uma pasta viscosa (Figura 6) (FRANCO et al. 2002; CAMPOS; VERAS, 2008;).

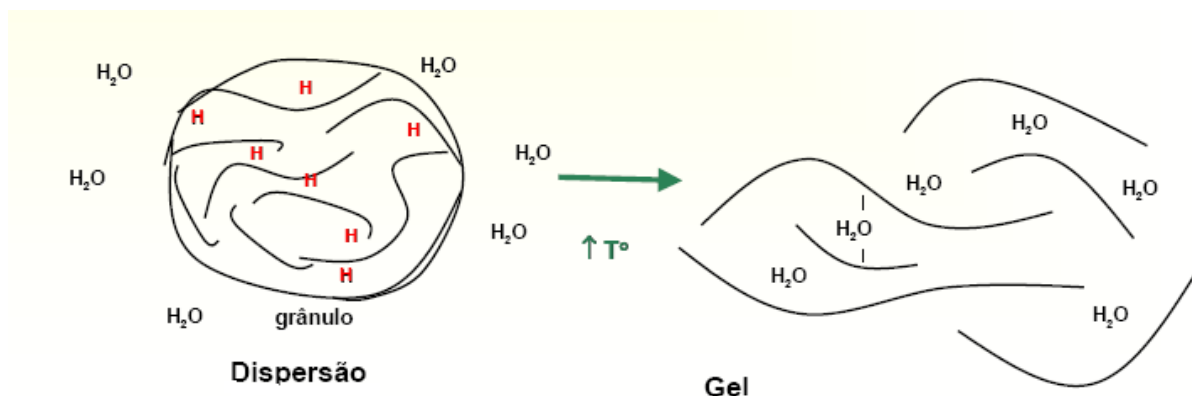


Figura 6 Esquema representativo da gelatinização do amido

Fonte: Collares, Menezes (2007).

Observações microscópicas revelam que a desorganização pelo tratamento térmico dos grânulos de amido envolve diversos estágios durante o aquecimento, onde cada grânulo apresenta sua cinética própria. Em condições de umidade intermediária há quantidade insuficiente de água livre e ocorre apenas uma desorganização parcial. Em cada grânulo, é a região central que se desorganiza primeiro, sendo, portanto a mais sensível ao aquecimento, justificado pela menor organização da rede interior dos grânulos, facilitando desta forma o inchamento do mesmo (FRANCO et al. 2002).

Em decorrência da fragilidade das ligações de hidrogênio, a região amorfa hidrata-se inicialmente e é mais lábil ao tratamento à quente do que a região cristalina. A desestabilização e expansão da região amorfa durante o aquecimento de uma suspensão de amido facilita a posterior desestabilização da região cristalina por tirar moléculas das mesmas, conforme a temperatura se eleva. Sob baixas temperaturas de aquecimento, a gelatinização ocorre primeiramente nas regiões amorfas; sob aquecimento continuado, eventualmente todas as regiões amorfas são desestabilizadas e as regiões cristalinas começam a gelatinizar. A extensão desse processo, entretanto, depende da temperatura. Amidos que contêm amilopectina com maiores proporções de cadeias ramificadas longas apresentam maiores temperaturas de gelatinização e mudanças de entalpia, já que essas cadeias produziram maior número de cristais em dupla hélice que requerem maiores temperaturas para se dissociar (ANDERSON, 1969; LAJOLO; MENEZES, 2006).

As propriedades de pasta dos amidos também são afetadas pela distribuição do comprimento de cadeias da amilopectina e pelo teor de amilose. O aumento no teor de amilose, juntamente com lipídios e fosfolipídios, acarretam um sensível aumento na temperatura de empastamento dos amidos e diminuição do pico de viscosidade. Os lipídios da superfície inibem o movimento de água

dentro dos grânulos e os lipídios internos, complexados com a amilose, reduzem o inchamento e a lixiviação da amilose, reduzindo a viscosidade de pasta dos amidos (FRANCO et al. 2002).

As características de visco - elasticidade determinam a potencialidade de uso dos amidos. O amido de cereais caracteriza-se por ser mais consistente, pouco viscoso e de coloração opaca, com aplicação para confecção de pudins e sobremesas prontas (PEREIRA; LEONEL, 2009).

3.4.5.2 Viscosidade de pasta

A viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos produtos amiláceos. As curvas de viscosidade obtidas representam o seu comportamento durante o aquecimento e permitem avaliar as características das pastas formadas, devido às modificações estruturais das moléculas de amido e a tendência a retrogradação durante o resfriamento (SEBIO, 1996).

As alterações que ocorrem nos grânulos de amido durante o processo de gelatinização e retrogradação são os fatores determinantes do comportamento de pastas desse amido, os quais tem sido determinado principalmente pela mudança de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de produtos amiláceos, usando equipamentos como viscoamílogofo Brabender e mais recentemente o viscoanalisador rápido (*Rapid Viscoanalyser - RVA*) (PEREIRA, LEONEL, 2009).

O RVA é um instrumento bastante utilizado para a construção das curvas de viscosidade, que vem substituir as análises realizadas no tradicional viscoamílogofo Brabender, pois fornece resultados em tempo menor, utilizando menor quantidade de amostra, além de apresentam repetibilidade de seus resultados mais confiáveis (WRIGLEY et al. 1996).

Os resultados na forma de curva indicam dados sobre: temperatura de formação de pasta, resistência mecânica dos grânulos inchados á ação mecânica; viscosidade máxima e temperatura em que ocorre, e ainda a influência do resfriamento sobre a viscosidade (CEREDA, 2002).

3.4.5.3 Poder de inchamento e solubilidade dos grânulos

O poder de inchamento é uma medida da capacidade de hidratação dos grânulos. A determinação é feita pelo peso do grânulo de amido intumescido e a água oclusa, propriedade importante já que a qualidade de um alimento amiláceo está frequentemente associada com a retenção de água pelos grânulos de amidos expandidos. A conseqüência direta do intumescimento é o aumento da solubilidade, claridade e viscosidade da pasta de amido (FRANCO et al. 2002).

Amidos de diferentes fontes botânicas apresentam distintos poderes de inchamento e solubilidade dos grânulos. Amidos ricos em amilose mostram inchamento e solubilidade restritos, mesmo após um período prolongado de aquecimento. A presença de substâncias acompanhadas do amido, como lipídios, pode restringir a expansão e solubilização do mesmo (RICKARD; ASOAKA; BLANSHARD, 1991).

O poder de inchamento e a solubilidade variam de acordo com a fonte botânica do amido e fornecem evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. A extensão dessas interações é influenciada pela proporção amilose:amilopectina e pelas características destas moléculas, como distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação (DENANDIN, 2008).

Os parâmetros relacionados à solubilidade e o inchamento são os índices de solubilidade em água e índice de absorção em água (CARVALHO et al. 2002).

3.4.5.4 Retrogradação

Quando o amido gelatinizado é resfriado, ele pode sofrer um fenômeno denominado de retrogradação. Com o passar do tempo as moléculas de amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias reassociam-se em um estado mais ordenado. Essa reassociação culmina com a formação de simples e duplas hélices, resultando no enredamento ou formação de junção entre as moléculas, formando áreas cristalinas com liberação de água (sinerése). Como a área cristalina altera o índice de refração, o gel vai se tornando mais opaco a medida que a retrogradação se processa (DENARDIN, 2008).

O amido, em certas condições, após o cozimento em água, sofre dextrinização e hidrólise parcial, mas posteriormente sofre polimerização, transformando-se em um produto insolúvel e inatacável pelas amilases. O nome retrogradação é dado porque o amido volta a sua condição de insolubilidade em água fria e é freqüente encontrado em pastas de amido envelhecidas (FRANCO et al. 2002).

A retrogradação é um fenômeno complexo e depende de fatores como: temperatura, tempo de armazenamento, pH, fonte do amido, presença de componentes não amiláceos (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento. Sabe-se, por exemplo, que a repetição de ciclos de congelamento-degelo acelera drasticamente a retrogradação e sinerese (DENARDIN, 2008).

É interessante ressaltar que a retrogradação da amilose e da amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rápido, tendo forte tendência a reassociar-se através da formação de ligações de hidrogênio com outras moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices quando a solução vai perdendo calor (VANDEPUTTE et al. 2003).

3.5 AMIDO RESISTENTE

O amido é classificado em função da sua estrutura físico-química e susceptibilidade a hidrólise enzimática. De acordo com a velocidade com o qual o alimento é digerido *in vivo*, o amido classificado em: rapidamente digerível, quando ao ser submetido a incubação com amilase pancreática converte-se em glicose em 20 minutos; lentamente digerível, se, nessas condições é a conversão ocorre em 120 minutos e amido resistente (AR), aqueles que resistem a ação das enzimas digestivas (LOBO; SILVA, 2003).

O amido resistente é constituído por compostos bastantes heterogêneos, sendo classificados em quatro tipos diferentes. O amido resistente tipo 1, são grânulos fisicamente inacessíveis, encapsulados na matriz do alimento, presente em sementes e leguminosas parcialmente trituradas. O amido resistente tipo 2, presente especialmente na banana verde, refere-se aos grânulos de amidos nativos, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido as características intrínsecas da estrutura cristalina dos seus grânulos. O amido resistente tipo 3 consiste em polímeros de amido retrogradado, produzidos quando o amido é resfriado após gelatinização e o amido resistente tipo 4 representado por um amido quimicamente modificado que é incorporado na formulação de alimentos (BROUNS; KETTLITZ; ARRIGONI, 2002; SALGADO; FARO; LIVEIRA, 2005).

O amido resistente do tipo 3 é o mais comum e, do ponto de vista tecnológico, o mais importante, visto que sua formação é decorrente do processamento. O conteúdo de amilose, a temperatura, a forma física do alimento, o grau de gelatinização, o resfriamento e o armazenamento, são fatores que afetam o conteúdo de amido resistente do tipo 3 (WALTER, 2005).

Após a gelatinização, com o passar do tempo e com a diminuição da temperatura (resfriamento e congelamento, principalmente) as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a saída de água e determinando, assim, a sinerése. Os polímeros de amilopectina retrogradados, limitados pelas suas estruturas ramificadas, são menos firmemente ligados do que os de amilose retrogradada, o que confere a esta maior resistência a hidrólise enzimática (LOBO; SILVA, 2003). Portanto, grânulos que contêm maior conteúdo de amilose possuem um maior rendimento de amido resistente, assim como foi verificado por Eerlingen et al. (1993) que, quanto maior o tamanho da cadeia de amilose, maior o rendimento do amido resistente.

Um outro fator que deve ser levado em consideração com relação a formação de amido resistente é a sua interação com outros nutrientes presentes no alimento. Escarpa et al. (1997), estudando a ação de alguns componentes dos alimentos, dentre eles proteínas, açúcares, lipídios, fibras insolúveis e potássio, no rendimento de amido resistente, evidenciaram que todos os componentes estados reduziram esse rendimento.

Os lipídios exercem uma importante influencia sobre a gelatinização e retrogradação dos amidos. O mecanismo de interação entre a amilose e os lipídios é atribuído a formação de associações por inclusão dos

lipídios no interior da cadeia de amilose. Este complexo compete com a cristalização da amilose, deixando menor quantidade desse polissacarídeo livre para a formação de ligações de hidrogênio com outras cadeias de amilose, reduzindo a formação de amidos resistentes tipo 3 (ESCARPA et al. 1997).

3.5.1 Amido resistente e seus benefícios a saúde

Os amidos resistentes têm sido intensamente estudados nos últimos anos devido aos potenciais benefícios à saúde humana. Como não é digerido no intestino grosso, pode servir de substrato para o crescimento de microrganismos atuando como um agente prebiótico (HARALAMPU, 2000).

O amido não digerido ao chegar ao cólon é utilizado como substrato de fermentação por diversas bactérias intestinais, especialmente as anaeróbias estritas, que constituem 99 % da microbiota intestinal humana; razão pela qual é considerado um prebiótico. Os produtos dessa fermentação são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acético, propiônico e butírico e gases como hidrogênio, dióxido de carbono e metano, dos quais cerca de 20 % são excretados pela respiração (SALGADO et al. 2005). A maioria desses compostos age na prevenção de doenças inflamatórias do intestino, auxiliam na manutenção da integridade do epitélio intestinal e diminuem o risco de câncer de cólon. Aproximadamente 59 % do amido fermentado é recuperado como ácidos graxos de cadeia curta na proporção molar de 50:22:29, para acetato, propionato e butirato, respectivamente (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

O teor de amido resistente da banana varia de 25 % a 33 %, na farinha da polpa de diversos cultivares. A presença de amido resistente na elaboração de produtos é de interesse tanto para a indústria de alimentos como para o consumidor. O amido resistente pode ser utilizado na elaboração de produtos com reduzido teor de lipídios e como fonte de fibra alimentar (IZIDORO, 2007).

3.6 FARINHA DE BANANA VERDE

Segundo Borges (2003), dos 700 milhões de cachos de banana produzidos, aproximadamente 270 milhões foram desperdiçados sob formas diversas (na produção e por razões climáticas, na colheita, nas embalagens de madeira, no transporte), podendo chegar em algumas regiões em até 50% da produção. Diante deste cenário cresce o interesse pelo processamento da banana. Atualmente, têm-se no mercado diversos produtos oriundos do processamento da banana, tais como: doce, licor, sucos, purês, banana passas, banana em calda, banana chips, banana em flocos e farinha de banana verde ou madura.

Farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados, sendo seu produto designado pelo termo “farinha” seguido pelo nome do vegetal de origem (BRASIL, 1978).

Podem ser classificadas em farinhas simples e farinhas mistas. A farinha simples é obtida a partir da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie e farinha mista é obtida pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais (CRUZ; COSTA, 2007).

As bananas verdes são mais utilizadas para a obtenção das farinhas do que as maduras devido às possíveis reações de oxidação, inversão de açúcares e a consequente caramelização e reação de Maillard (BORGES, 2007).

A farinha de banana verde constitui produto obtido pelo processo de secagem da polpa da banana verde ou semi-verde, cujo sabor deve ser suave, sem amargor ou adstringência, apresentando cor branca ou ligeiramente amarelada e odor característico. Deve conter de 70 a 80 % de carboidratos e um teor de umidade de até 8%. Podem ser produzidas praticamente de todas as variedades frutíferas, mas geralmente é obtida de bananas do subgrupo Cavendish (NETO, 1998; BORGES, 2003).

É uma das formas encontradas para preservação das bananas, servindo como ingredientes na elaboração de novos produtos como biscoitos, mingaus, sorvetes, pães, bolo, misturas com cacau, produtos dietéticos, dentre outros. Dependendo do processamento, é retirada ou não a casca, e as fatias são submetidas à métodos químicos ou térmicos para inativação das polifenolxidasas (CAMPOS; VERAS, 2008).

Tem a vantagem de não possuir glúten podendo ser utilizada na formulação de produtos para grupos da população que necessitam de uma dieta onde esta proteína esteja ausente, como é o caso de pacientes celíacos (MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

Segundo Campos e Veras (2008) a farinha de banana verde com casca apresenta, em média, para cada 100 g de produto: 7,72 % de umidade, 4,07 g de proteínas, 1,36 g de lipídios, 73,01 g de amido e 13,44 g de fibras.

A farinha de banana verde é destinada geralmente à alimentação infantil, como fonte energética e de excelentes propriedades medicinais, principalmente no caso de infecções gastrointestinais (MARTIN et al. 1988).

As técnicas empregadas para o processamento de farinha têm como fundamento básico os princípios da secagem. Inúmeros métodos de secagem de bananas são relatados na literatura tais como: liofilização (SANTOS; LAJOLO; MENEZES, 2001), estufa a vácuo (NOGUEIRA, 1991), estufa com ar forçado (LUCCAS, 1996).

3.7. SECAGEM EM LEITO DE JORRO

A operação de secagem é definida como um processo de remoção de umidade de um sólido, através da evaporação da água presente no mesmo, pelo fornecimento de calor. A utilização de corrente de ar é o meio mais comum para transferir calor ao material, servindo também como veículo no transporte de vapor úmido, e a convecção é o principal mecanismo envolvido. Existem vários tipos de secadores, de acordo com as características do alimento, a facilidade de processamento, quantidade, Estado e condições do produto, fatores de origem econômica e principalmente a forma que se deseja dar ao produto. Além do baixo custo de instalação e facilidade de operação do secador, o ar quente mostra-se o mais adequado agente de secagem para frutas (EVAGELISTA, 1994; LUCCAS, 1996). Entre os equipamentos que utilizam esse princípio de secagem pode-se citar os secadores tipo leito de jorro.

Desde seu surgimento, o leito de jorro tem sido objeto de pesquisa em um grande número de países. Suas aplicações envolvem diversas áreas e como exemplo de aplicação industrial do leito de jorro pode-se citar a secagem de materiais granulares, secagem de suspensões e soluções, recobrimento de comprimidos, entre outros (LIMA, 1995).

O leito de jorro é uma técnica de contato líquido-gás que devido a sua grande flexibilidade de operação tornou-se útil e competitivo para a secagem de grãos, com a utilização de material inerte seu uso ampliou-se para a secagem de produtos úmidos como as pastas e sólidos em suspensão (CORREIA, 1996).

É apresentado na literatura, como uma ótima alternativa para a secagem de pastas e suspensões, produzindo produtos em pó de alta qualidade e de baixo custo. O mesmo vem sendo bastante utilizado na desidratação de materiais termo sensíveis como os farmacêuticos e alimentícios (HUFENÜSSLER; KACHAM, 1985; RÉ; FREIRE, 1986; GUBULIN; FREIRE, 1989). Comparado com outras técnicas de secagem, os secadores de leito de jorro apresentam algumas vantagens, como, o curto tempo de residência do produto no leito, altas taxas de transferência de massa e calor e um bom controle da temperatura do leito (RODRIGUES, 2000).

3.7.1 Características fluidodinâmicas do regime de jorro

O leito de jorro convencional é constituído por uma câmara de secagem cilíndrica conectada a uma base cônica, a qual possui em sua extremidade inferior um orifício de reduzida dimensão, através do qual o fluido de jorro é alimentado ao sistema. O regime de jorro é estabelecido pela entrada de um jato de fluido em um leito de sólidos particulados. O menor diâmetro dos sólidos é recomendável para garantir um sistema fluidodinâmico estável. Após a entrada do fluido, normalmente constituído por ar, observa-se a aceleração ascendente das partículas sólidas com a formação de um canal central diluído, onde as mesmas apresentam

elevada velocidade. Essa região é denominada região do jorro. Ao redor do canal central, verifica-se a presença de um leito denso de partículas, que se deslocam contra um fluxo ascendente de ar. A região que compreende esse leito deslizante de partículas recebe a denominação de ânulo e ou região anular. A desaceleração das partículas provenientes da região de jorro ocorre após as mesmas atingirem a superfície do leito (região da fonte) e resulta em sua queda na região anular. Por fim essas partículas descrevem uma trajetória anular de volta para a região do jorro, seja após atingirem a base do leito (próximo ao orifício de entrada de ar), seja através do fluxo cruzado (na interface jorro-ânulo) (Figura 7) (DIAS et al. 2000; MARRETO, 2006).

Todo regime de leito de jorro sempre descreve um movimento cíclico e razoavelmente ordenado das partículas. A intensa mistura que ocorre no leito de jorro, produz um alto grau de contato entre fluido e a partícula e altas taxas de circulação de sólidos (CORREIA, 1996).

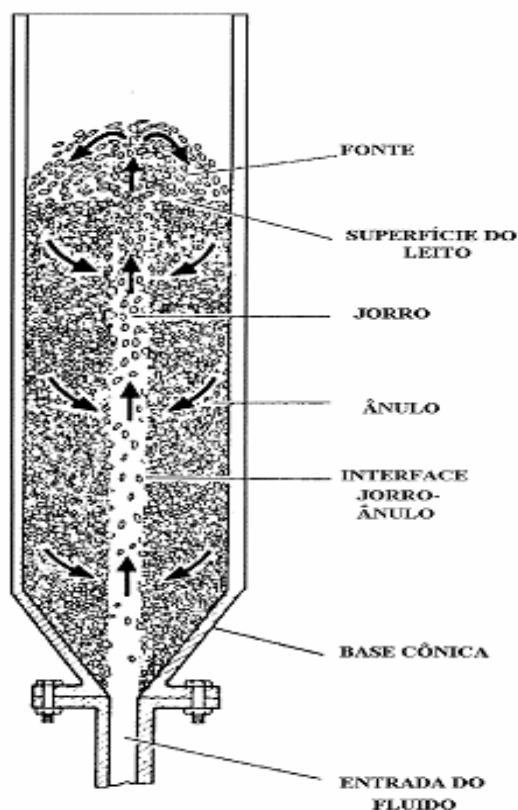


Figura 7 Esquema de funcionamento interno do leito de jorro

Fonte: Lima (1995).

Todo o comportamento característico do jorro, só se iniciará quando houver a ruptura inicial do sistema. Inicialmente em baixas vazões de ar, o leito se comporta como um leito fixo, onde o ar passa através do sistema sem perturbá-lo e a queda de pressão aumenta com a vazão do ar, praticamente de forma linear (0A) (Figura 8). Aumentando a vazão de ar, as partículas situadas na proximidade do orifício de entrada de ar são deslocadas, formando uma cavidade acima dessa região. As partículas deslocadas são comprimidas contra as partículas acima, formando um arco compacto que oferece resistência ao escoamento do ar e conseqüentemente, a queda de pressão aumenta até atingir um valor máximo, denominado de queda de pressão máxima ($\Delta P_{\text{máx}}$). É a queda de pressão que antecede o estabelecimento do jorro (AB) (Figura 8). O aumento crescente da vazão do ar produz o afloramento do jorro causando uma diminuição brusca da queda de pressão BC (Figura 8), até atingir uma situação estável, denominada de queda de pressão de jorro estável (ΔP_{je}). Qualquer aumento, a partir desse ponto da vazão de ar provocará um aumento da fonte do jorro, sem alteração da queda de pressão (LIMA, 2004).

No sentido inverso da curva, ou seja, para vazões decrescentes do ar, a queda de pressão permanece constante até uma determinada vazão, conhecida como vazão de jorro mínima (Q_{mj}). Diminuindo ainda mais a vazão, a queda de pressão segue o comportamento observado no sentido de vazões crescentes, porém com valores menores, pois o leito não se encontra empacotado como anteriormente, não havendo ruptura do mesmo. A vazão de jorro mínima é a menor vazão de ar na qual existe jorro, sendo este parâmetro fortemente influenciado por fatores geométricos do sistema e por propriedades físicas do ar e das partículas (LIMA, 2004; FERNANDES, 2005).

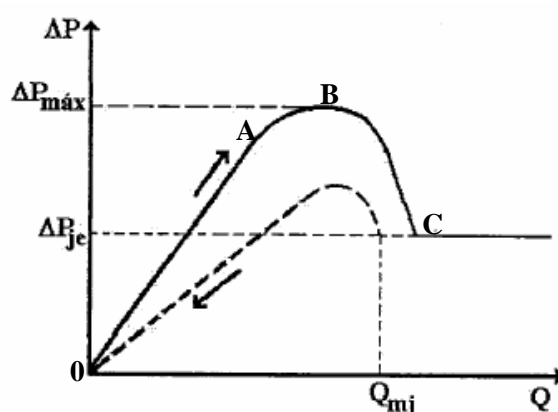


Figura 8 Curva característica da queda de pressão no leito de jorro em função da velocidade do ar.

Fonte: Adaptado Lima (2004); Fernandes (2005).

Os parâmetros de maior importância no estudo dos regimes de jorro são: a velocidade mínima de jorro (V_{mj}), a altura máxima de jorro estável (H_{max}) e a perda de carga em função da velocidade de ar (Δp). A velocidade mínima do fluido, necessária para manutenção do regime de jorro é função das propriedades dos sólidos, da geometria do leito e do próprio fluido. Para um determinado material, por exemplo, os valores de V_{mj} diminuem com o aumento do diâmetro da câmara de secagem e com a diminuição da altura do leito fixo de sólidos. Similarmente, a velocidade de jorro incipiente (V_{ji}) representa a velocidade de fluido necessária, não para manter, mas para iniciar o regime. Os valores de V_{ji} são sempre mais elevados em relação aos de V_{mj} , devido a demanda energética adicional para dar início ao regime de jorro. No outro extremo, existe um limite superior, ou um valor máximo de velocidade mínima de jorro (V_{max}), para qual o leito de sólidos sofre a transição do regime de jorro para regimes de fluidização, como os de leito borbulhante ou pistonados. De forma similar ao discutido para V_{mj} , observa-se a existência de uma altura máxima de partículas inertes, acima da qual não é possível observar a ocorrência do regime de jorro e sim uma fluidização de má qualidade (MARRETO, 2006).

Um outro parâmetro fluidodinâmico de grande importância no estudo dos regimes de jorro é a perda de carga ou queda de pressão no leito em função da velocidade de ar (ΔP). De forma similar ao verificado para velocidade superficial do ar, existe um pico máximo de queda de pressão (ΔP_{max}), gerada pela elevada demanda energética necessária para estabelecer o regime de jorro (PASSOS et al. 1997).

Em função das vantagens de sua dinâmica, diversas operações podem ser realizadas em leito de jorro. A agitação de sólidos, juntamente com o contato efetivo gás- sólido é favorável a secagem, aquecimento e resfriamento de sólidos granulares, além da possibilidade da limpeza de gases. O movimento cíclico regular dos sólidos favorece o recobrimento e a granulação, sendo o atrito provocado pelas colisões um mecanismo importante na secagem de suspensões e soluções em partículas inertes. A grande vantagem de secadores em leito de jorro em relação aos secadores convencionais é a obtenção de uma elevada diferença de temperatura entre o ar e o leito (LIMA, 1995).

3.7.2 Secagem de pastas em leito de jorro

O termo pasta é definido como sendo um sistema onde partículas sólidas ou coloidas estão dispersão em um meio líquido, podendo se apresentar sob diversas formas físicas, tais como: soluções, suspensões e tortas de filtração (MEDEIROS, 2001).

A secagem de pastas pelo emprego da técnica de jorro envolve necessariamente a utilização de um leito de partículas inertes, e resulta na obtenção de um pó finamente disperso (< 10 microns), até partículas com 5 milímetros ou mais de diâmetro. A operação inicia com a alimentação da pasta ao leito, por nebulização ou por gotejamento da amostra. Em seguida observa-se o espalhamento do material sobre a superfície das partículas inertes com a conseqüente formação de um filme líquido sobre as mesmas. No

decorrer de sua movimentação cíclica no interior do leito, as partículas entram em contato com a fonte gasosa aquecida e os fenômenos de transferência de calor e massa ocorrem, levando à secagem e a formação de um filme seco. Por fim, após atingir um certo grau de umidade residual, determinado pelas propriedades mecânicas da pasta, e devido a ocorrência de colisões entre as partículas, o filme seco formado é removido da superfície inerte e transportado pelo ar para fora da câmara de secagem, sendo posteriormente coletado por um dispositivo apropriado (MARRETO, 2006).

O processo cíclico de deposição, secagem e destruição da película procede continuamente, sempre que a temperatura do leito a uma dada vazão de alimentação da suspensão for mantida a um nível suficientemente alto e o movimento do jorro não for comprometido pela aglomeração destas partículas. A taxa de remoção da película deve ser sempre maior ou igual a taxa de alimentação da suspensão (MEDEIROS, 2001).

É importante relatar para a secagem em leito de jorro o fenômeno de granulação, ou seja, a deposição das pastas e suspensões de secagem na superfície do material inerte que é dependente de vários fatores tais como vazões de alimentação, vazões de ar, propriedades do material e localização da alimentação (MEDEIROS, 2001).

Nos experimentos realizados por Baret e Fane (1990) foi observado que o acúmulo no interior do leito aumenta com a vazão de alimentação; diminui com o aumento da vazão de ar e da temperatura de secagem e que uma textura rugosa do pasta ou suspensão a ser seca provoca a formação de uma película irregular com secagem não uniforme, a massa da partícula influencia na energia de colisão requerida para quebrar as partículas.

O tempo de residência da pasta no interior da câmara de secagem depende de suas propriedades, mas consta na literatura tempos médios de residência da ordem de minutos; expondo menos o material a ação do calor quando comparados por exemplo, com leitos fixos.

A literatura relata a secagem de pastas em leito de jorro com sucesso, enfatizando a qualidade comercial dos produtos secos pelo jorro, quando comparados com a secagem pelo método mais comumente empregado, o *spray drying* (MARRETO, 2006).

3.7.3 Material inerte

Todo o comportamento dinâmico do leito de jorro é determinado pela circulação/recirculação do material inerte utilizado no interior do cone. Este material pode ser de poliestireno, vidro, óxido de alumínio, agalite, borracha de sílica, permulite, óxido de zircônio, polietileno e polipropileno. O tipo de inerte deve ser escolhido de tal modo que as partículas possuam uma resistência térmica adequada, sejam resistentes ao atrito e depende, também, do tipo de material a ser seco (CORREIA, 1996).

No uso do leito de jorro contendo partículas inertes, o material úmido é introduzido no leito, as partículas ficam recobertas e, a medida que secam, as colisões entre elas permitem que o sólido se separe do material inerte e seja arrastado pelo fluido para fora da células, onde é coletado (CORREIA, 1996).

O movimento de recirculação de partículas inertes no leito de jorro oferece vantagens no caso da alimentação de suspensões relativamente viscosas, materiais pastosos de alta umidade e eventualmente aderentes ou no caso de taxas de alimentação relativamente elevadas. O material inerte atua como agente de desagregação e distribuição do material que esta sendo seco, além de contribuir para a transferência de calor. Deve ser observado para que a taxa de alimentação do material úmido não exceda um determinado valor, para dada massa de inerte, pois o material molhado causará abrupto crescimento na taxa de aglomeração e formação de grânulos, os quais provocarão o aparecimento de blocos no leito, influenciando no processo de secagem (CORREIA, 1996).

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA PRIMA

Foi utilizada banana do tipo AAA, Nanicão, adquirida no galpão 01 box 18-19 (Fruteira Silva) da Central de Abastecimento do Estado (CEASA/ PA), em estágio verde.

A matéria prima foi transportada até o laboratório da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, onde passou por processo de higienização em água clorada a 150 ppm por 15 minutos (BORGES, 2007), seguida de lavagem em água corrente, e posterior armazenamento em temperatura ambiente (25 a 28 °C) até o momento de sua utilização, não ultrapassando 2 dias após coleta.

4.1.1 Determinação do estágio de maturação

4.1.1.1 Cinética de maturação

As bananas da espécie Nanicão foram adquiridas totalmente verdes, antes de serem encaminhadas para as estufas de tratamento com etileno, e acondicionadas em temperatura controlada (25 a 28 °C) até atingir seu estágio final de maturação (coloração totalmente amarela com grandes traços marrons). Diariamente, retirava-se 3 unidades de bananas para determinação de sólidos solúveis. Com os dados de sólidos solúveis, coletados durante os 16 dias de armazenamento, elaborou-se uma tabela base para utilização na definição do estágio de maturação das bananas coletadas durante todos os ensaios.

O estágio de maturação das bananas (estádio 1 – totalmente verdes) determinado por leitura direta a 20 °C, em refratômetro digital de bancada da marca INSTRUTHERM modelo RTD-45, em triplicata, de acordo com o método nº 932.12 da AOAC (1997).

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

4.2.1 Análise biométrica

Para realização da caracterização física foram feitas medidas de peso, comprimento e diâmetro com auxílio de uma balança analítica e um paquímetro da marca Vonder. Adotou-se como comprimento a medida entre as extremidades, e para o diâmetro o ponto central do fruto.

4.2.2 Cor instrumental das farinhas

A análise de cor foi realizada em colorímetro MINOLTA CR310, em triplicata, operando no sistema CIE (L^* , a^* , b^*), sendo as coordenadas de cromaticidade: L^* para luminosidade, a^* para intensidade da cor vermelha e b^* para intensidade da cor amarela.

4.2.3 Granulometria

A avaliação de tamanho das partículas das farinhas foi feita segundo a AOAC (1997) com auxílio de equipamento vibratório da marca Bertel 1713 em peneiras com granulometrias: 35, 48, 60, 80, 100 e 200 Mesh. Utilizou-se 100 g de farinha, que foram inseridos no conjunto de peneiras. O teste foi realizado por 15 minutos com vibração em nível 06. As frações de cada peneira foram pesadas, para calcular as percentagens e farinha, em cada faixa de granulometria.

4.2.4 Atividade de água

A atividade de água foi determinada, em triplicata, por leitura direta, em termohigrômetro digital, com controle interno de temperatura ($\cong 25\text{ }^\circ\text{C}$), da marca Decagon, Aqualab Séries 3TE modelo TE 8063.

4.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Após a etapa de higienização as amostras foram preparadas para serem utilizadas no processo de secagem. Em cada condição de secagem foram separados parte dos frutos *in natura* e divididos em dois lotes: com casca e sem casca armazenados em freezer, para posterior realização das análises de caracterização físico química. Ao final dos sete ensaios de secagem juntou-se as sete amostras armazenadas em freezer e realizou-se uma homogeneização para a caracterização físico química da mesma. As mesmas análises também foram realizadas nas farinhas obtidas no processo de secagem. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.3.1 Umidade

A umidade das amostras de banana trituradas e das farinhas foi determinada pelo método gravimétrico, em estufa a vácuo da marca FABBE, Modelo 110, a 50 °C respectivamente, até peso constante, de acordo com a AOAC (1997), método nº 925.10.

4.3.2 Proteína

O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de Kjeldahl, em digestor da marca Tecnal, modelo TE 10018 e destilador da marca Marconi, modelo MA 036, com fator de correspondência nitrogênio-proteína de 6,25; de acordo com a AOAC (1997), método nº 920.87.

4.3.3 Lipídios

O teor de lipídeos totais foi determinado por extração com éter de petróleo, em aparelho do tipo Soxhlet da marca QUIMIS, modelo Q 214M2, de acordo com a AOAC (1997), método nº 922.06.

4.3.4 Resíduo mineral fixo

O resíduo mineral fixo ou cinzas foi determinado pelo método gravimétrico, por incineração em forno mufla da marca FORNITEC, modelo 2017, a 550 °C, até peso constante, de acordo com a AOAC (1997), método nº 923.03

4.3.5 Fibras

O teor de fibras insolúveis e totais, foi determinado pelo método enzimático/gravimétrico utilizando as enzimas α -amilase termo resistente, protease e amilo-glucosidase, de acordo com a AOAC (1997), método nº 985.29. O teor de fibras alimentares solúveis foi determinado por diferença.

4.3.6 Carboidratos

Determinado por diferença, segundo Resolução RDC n° 360, de 23 de Dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

4.3.7 Amido total

Para determinação de amido total as bananas foram previamente liofilizadas. O teor de amido foi determinado por hidrólise ácida, em microondas, de acordo com Cereda et al. (2004).

4.3.8 Amido resistente

Para a determinação de amido resistente as amostras de banana trituradas foram previamente liofilizadas. Utilizou-se a AACCC (1983), método n° 76-30A, com adaptações. Triplicatas de 100 mg de amostra foram analisadas em tubos Falcon. As amostras foram pré lavadas duas vezes com 8 mL de etanol 80 % (v/v), centrifugados (3000 rpm) por 10 minutos. Aos resíduos foram adicionados 4 mL de tampão trismaleato/ NaOH 0,1 M (pH = 6) contendo azida sódica 0,02 %, amiloglucosidase (4U/mL Sigma A 7255), α -amilase (300U/mL, Sigma A-3176) e pepsina (500U/mL, Sigma P-7012). Os tubos contendo os resíduos em solução foram agitados, tampados e incubados a 37°C por 16 horas sob agitação. Após a incubação, foram adicionados 8 mL de etanol a 99 % e os tubos foram agitados e centrifugados (3000 rpm) por 10 minutos, sem tampa. A lavagem com etanol foi repetida mais uma vez. Nos tubos contendo os resíduos, parcialmente submersos em banho de gelo e sob agitação magnética com barras magnéticas, foram adicionados 3 mL de KOH a 2 M, mantendo agitação. Após 20 minutos, foram adicionados 10 mL de tampão NaAc/ HAc - tampão acetato de sódio- ácido acético glacial - 1,2 M (pH = 3,8), quando a agitação magnética foi cessada. Imediatamente foram adicionados 0,1 mL de amiloglucosidase (3200U/mL de tampão NaAc/HAc -, pH = 4,75), os tubos foram agitados, tampados e incubados em banho sob agitação a 50 °C por 30 minutos. Após a incubação, os tubos tiveram o volume de solução completado a 20 mL com água destilada e então foram centrifugados (3000 rpm) por 10 minutos. Os tubos foram levados para leitura em espectrofotômetro.

4.3.9 Amido disponível

Determinado por diferenças dos valores de amido total e amido resistente

4.4 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Foram realizadas contagem de bolores e leveduras, *Bacillus cereus*, *Coliformes a 45°C*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella spp* descritas na RDC 12 de 2001 (BRASIL, 2001), segundo metodologia descrita no *Compendium of Methods of the Microbiological Examination of Foods* (APHA, 2001).

4.5 PREPARO DA MATÉRIA PRIMA PARA A SECAGEM

Após a etapa de higienização, as bananas foram divididas em dois lotes, um que foi utilizado integralmente (com casca) e outro que foi descascado. Os dois lotes de banana, com casca e sem casca, foram cortadas em rodela de aproximadamente 2 cm de espessura e submetidas a tratamento químico utilizando solução de ácido cítrico (0,8 %) por 15 minutos (Figura 9), condições estas baseadas em estudo de otimização feito por Campos e Veras (2008) . As rodela foram colocadas em recipiente perfurado (peneira) para drenagem do excesso de água. Em seguida, foram trituradas em liquidificador em velocidade máxima. Houve a necessidade de adicionar água para facilitar a operação, a qual foi estabelecida mediante testes avaliando a quantidade de água mínima necessária para que a bomba peristáltica, equipamento responsável pelo bombeamento das amostras até a câmara de secagem, conseguisse transportar o material com facilidade. Foram estabelecidos as quantidades padrões de 50 mL para cada kg de amostras de banana sem casca e 100 mL para cada kg de amostras de banana com casca (Figura 9).

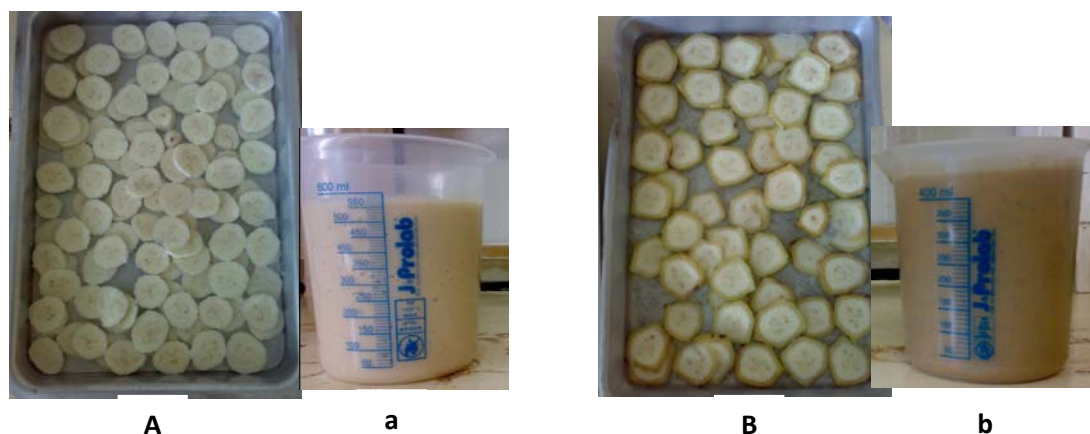


Figura 9 Bananas tipo AAA Nanicão cortadas em rodelas sem casca (A) e com casca (B) e suas respectivas amostras trituradas (a , b)

4.6 SECAGEM EM LEITO DE JORRO

4.6.1 Câmara de secagem

A câmara de secagem utilizada, ilustrada na Figura 10, é constituída de uma base cônica em aço inoxidável, com 0,2 cm de espessura, com ângulo incluído de 60°, diâmetro de orifício de entrada de 4,26 cm e diâmetro superior de 30 cm. Acoplado à base cônica havia uma coluna cilíndrica de vidro com 0,4 cm de espessura, 30 cm de diâmetro e 40 cm de altura. A parte superior do secador é formada por outro cone em inoxidável, com ângulo de 45°, dotada de um orifício com 3 cm de diâmetro, por onde foi introduzida a mangueira que conduziu as amostras de banana trituradas. Na entrada da base cônica inferior tem-se uma tela metálica para sustentar e evitar a queda das partículas inertes em repouso. Os controles de pressão e temperatura foram colocados próximos a entrada e saída do ar e na base cônica inferior.

4.6.2 Equipamentos periféricos

Como equipamentos periféricos têm-se:

- Soprador centrífugo, marca Ibran, acionado por um motor trifásico Eberle, com potência de 7,5 Hp.
- Aquecedor elétrico composto de um conjunto de seis resistências no formato cônico, refratário de porcelana, da marca Lorenzetti, com entrada de 0 a 220 volts, dispostas em paralelo em uma caixa metálica revestida externamente por madeira, fornecendo potência máxima de 4000 Watts. As resistências foram ligadas a um indicador e controlador de temperatura, modelo CDC 99 da marca Contemp, o qual permite o ajuste da potência dissipada pela resistência e conseqüentemente o ajuste fino da temperatura do ar através de um termopar tipo T (Cobre/Constantan), localizado na saída do sistema de aquecimento.

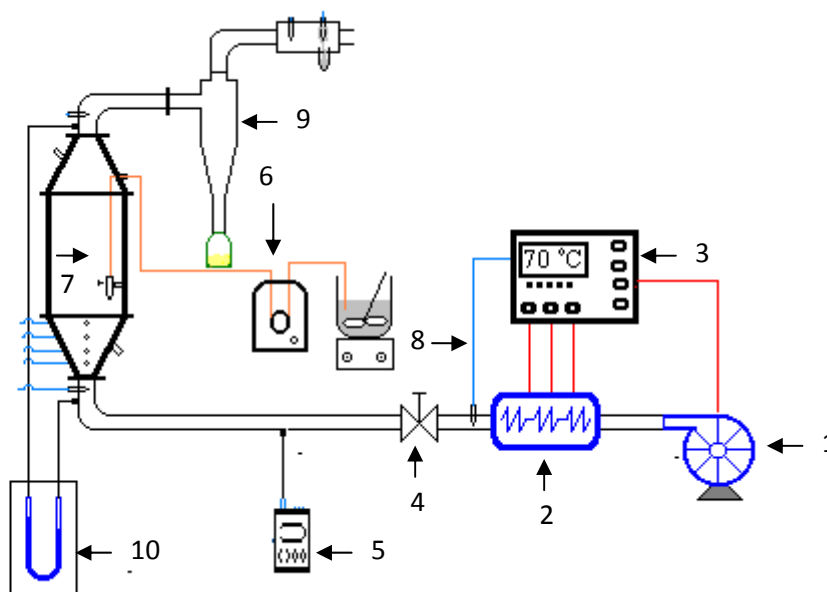


Figura 10 Esquema ilustrativo secador tipo jorro. Soprador de ar (1); Aquecedor elétrico (2); Controlador de corrente elétrica (3); Válvula gaveta (4), Ponto de tomada da velocidade do ar (5); Bomba peristáltica (6); Leito de jorro (7); Termopar (8); Ciclone (9); Psicrômetro (10).

4.6.3 Material inerte

O material inerte utilizado na secagem foi constituído de polipropileno, com densidade de 905 kg/m^3 , esfericidade de 0,85 e diâmetro médio de 0,36 cm.

4.6.4 Condições operacionais de secagem

A determinação das condições operacionais de secagem foi baseada na característica da matéria prima, com o objetivo de trabalhar com faixa de temperatura correspondente à gelatinização do amido e nas limitações oferecidas pelo secador, sendo avaliado a altura máxima de material inerte que poderia ser utilizada, estabelecendo para a altura de leito os valores de 12 cm e 15 cm e temperaturas de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ e $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.6.5 Curvas de fluidodinâmica

Para se obter valores de vazão de jorro mínima, foram construídas as curvas de fluidodinâmica para cada carga de material inerte utilizada (12 cm e 15 cm). Inicialmente o leito foi alimentado com as massas específicas de material inerte. Em seguida o soprador foi acionado e a vazão de ar aumentada sucessivas vezes, determinando-se a cada aumento, a correspondente diferença de pressão entre a entrada e a saída do

leito, por meio de um manômetro diferencial tipo tubo em U. A vazão foi aumentada até que a queda de pressão no leito atingisse valores aproximadamente constantes. Iniciou-se, então, o processo inverso, reduzindo-se a vazão de ar e determinando-se a queda de pressão no leito.

4.6.6 Sistema de alimentação das amostras trituradas

As amostras de banana, armazenadas em copo Becker, foram conduzidas até a câmara de secagem com auxílio de um ducto de silicone, acoplado a uma bomba dosadora peristáltica da marca Milan modelo 201 série 1705. As biomassas eram gotejadas na região correspondente a fonte do leito.

4.6.7 Sistema de coleta das farinhas de banana

Para o recolhimento das farinhas foi utilizado um Kitassato, seguramente vedado, acoplado na base do ciclone (Figura 11). Todo o material recolhido após a secagem foi pesado e armazenado em recipientes de poliestireno a temperatura ambiente (25 a 28 °C).



Figura 11 Sistema de coleta das farinhas de banana

4.6.8 Ensaios de secagem

Os ensaios de secagem foram realizados de acordo com a metodologia a seguir:

Inicialmente efetuou-se o pré – aquecimento do sistema com o material inerte. Atingida a temperatura de trabalho, procedeu-se a alimentação das amostras trituradas de banana verde, acompanhando-se o processo através de medidas da temperatura do ar na entrada do secador. Ao final do ensaio, desligava-se o soprador e descarregava-se o leito.

Pela combinação das 4 variáveis selecionadas (12 e 15 cm/ 80 e 90 °C) foi realizado 8 ensaios de secagem, sendo 4 ensaios utilizando-se as amostras de banana com casca (cc) e 4 utilizando-se as amostras de banana sem casca (sc) (Tabela 4)

Tabela 4 Ensaio de secagem

Ensaio	Amostra	Temperatura (°C)	Altura material inerte (cm)
1	Com casca	80	12
2		80	15
3		90	12
4		90	15
5	Sem casca	80	12
6		80	15
7		90	12
8		90	15

4.6.9 Rendimento do processo de secagem.

O rendimento foi calculado baseado na formula abaixo:

$$R(\%) = \frac{\text{teorsólido de farinha}}{\text{teorsólido de matéria prima}} \times 100$$

4.7 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS FARINHAS

4.7.1 Viscosidade

A determinação de propriedades de pasta foi feita em equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA), marca *Newport Scientific*. Foi pesado 3,5 g de amostra e adicionado 25 ml de água destilada a essa amostra, posteriormente foram submetidas a temperatura de 50 °C por 1 minuto e depois aquecidas a 95 °C em uma taxa de 6 °C/minuto permanecendo nessa temperatura por 5 minutos. Em seguida resfriou-se as amostras até 50 °C a uma taxa de 6 °C/minuto. Nessa análise foram obtidos os valores de temperatura de pasta, viscosidade máxima, mínima e final, quebra de viscosidade (diferença entre viscosidade máxima e mínima) e tendência a retrogradação (diferença entre viscosidade final e mínima)..

4.7.2 Poder de inchamento e índice de solubilidade em água

O poder de inchamento e solubilidade foram determinados segundo metodologia descrita por Leach et al. (1959). Em tubos de centrífuga, previamente tarados, foi colocado aproximadamente 1g da amostra (Pa) e 40 mL de água destilada. Os tubos com a suspensão foram deixados em temperatura constante de 25 °C, 50 °C, 70 °C e 90 °C por 30 minutos. Em seguida os tubos foram centrifugados a 2500rpm por 20 minutos. O sobrenadante foi separado, seu volume medido (V) e uma alíquota de 10 mL retirada e colocada em placa de Petri previamente tarada. Secou-se a amostra contida na placa em estufa a 65 °C por 12 horas e calculou-se o resíduo por diferença de peso (R). O centrifugado foi pesado (C). O poder de inchamento (Pi) e o índice de solubilidade (IS) foram calculados de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$Pi(g / g) = C / Pa \quad (1)$$

$$IS(\%) = 100 \times V \times \frac{R}{Pa} \times 100 \quad (2)$$

4.8 DETERMINAÇÃO DO VALOR CALÓRICO DAS FARINHAS

O valor calórico foi calculado baseando-se em sua composição centesimal, utilizando os coeficientes de Atwater (WATT; MERRILL, 1963), que considera 4kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para lipídios.

4.9 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FARINHAS

4.9.1 Microscopia eletrônica de varredura

As amostras de farinha com casca e sem casca foram submetidas a análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio eletrônico de varredura modelo ZEISS DSM 940 A, do núcleo de Geologia da Universidade Federal do Pará, utilizando amperagem de 80 mA e voltagem de 5Kv. A montagem do suporte metálico foi feita com fita adesiva dupla face, finalizando com uma camada de ouro metalizador BAL-TEC SCD 050 por 220 segundos.

4.9.2 Microscopia óptica

Para a microscopia óptica, as amostras foram misturadas à resina EPOXI GY-260 e ao catalisador HY 837 e distribuídas em lâmina fosqueada. Posteriormente sua espessura foi diminuída em serratriz debastadora (Modelo 14-16-Hillquist), usando o rebolo, finalizando com o polimento. As lâminas foram visualizadas em microscópio óptico com luz polarizada Olympus SZH10, acoplado a uma câmera fotográfica Olympus.

4.10 ISOTERMA DE SORÇÃO

Foram construídas isotermas de adsorção e dessorção de umidade a 25 °C. Na obtenção dos dados de adsorção, amostras do produto, com massas de aproximadamente 1g, foram submetidas à desidratação em dessecador com sílica-gel, sob vácuo. Após 24 horas, as amostras foram dispostas em dessecador contendo água na base.

Para obtenção dos dados de dessorção, as amostras do produto, após o processo de adsorção, foram submetidas à umidificação, em dessecador contendo água na base, na temperatura de trabalho (25 °C), por 24 horas. As amostras, em seguida, foram transferidas para um dessecador contendo sílica-gel. Nos dois casos o conjunto foi mantido em temperatura ambiente, a 25 ± 1 °C, de onde foram retiradas amostras, em duplicata e em tempos crescentes, para determinação da umidade, por diferença de peso (pesagem), e da atividade de água, em higrômetro AQUALAB 3TE da Decagon.

Foram testados os modelos de BET, BET completo, BET linearizado e GAB

4.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas análise de variância (ANOVA), teste de turkey e regressão linear utilizando dos softwares Statistical 5.0 e Origin Lab.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA MATÉRIA PRIM

A Tabela 5 apresenta os valores médios de sólidos solúveis (Brix) determinados para as bananas Nanicão *in natura* durante 16 dias de armazenamento a 27 °C. Esses valores foram utilizados como referência para padronização do estágio de maturação das bananas utilizadas neste trabalho.

Tabela 5 Valores médios de sólidos solúveis (Brix) durante a maturação da banana Nanicão.

Dia	°Brix	Estádio de Maturação
1	2,0	
2	2,8	
3	4,0	1
4	4,9	
5	5,0	
6	5,0	2
7	6,6	
8	6,7	
9	6,7	3
10	7,3	
11	7,4	
12	17	4
13	17,2	5
14	18,8	6
15	22,50	7

16	23,4	8
----	------	---

A determinação dos sólidos solúveis permite predizer de uma maneira rápida e prática o grau de maturação da matéria prima. Todas as bananas utilizadas nos ensaios de secagem apresentaram, valores médios de sólidos solúveis de 4,28 (Tabela 6), dentro do intervalo do estágio 1 de maturação (Tabela 5), garantindo a padronização das amostras utilizadas no processo de secagem. Os valores de sólidos solúveis encontrados estão de acordo com os encontrados por Ditchfield e Tadini (2002), trabalhando com banana Nanicao em estágio 1 de maturação (2002).

Tabela 6 Valores médios de sólidos solúveis e parâmetros físicos das bananas Nanicao.

Parâmetros	
Sólidos Solúveis (° Brix)	4,28±0,02
Peso total (g/fruto)	258,5± 10,4
Peso sem casca (g/fruto)	181±7,33
Relação polpa/casca	2,33±0,005
Comprimento (cm)	18,7±0,6
Diâmetro (mm)	46,8±0,16

Valores médios de três repetições ± desvio padrão

As bananas Nanicao utilizadas apresentaram bom rendimento em polpa (2,33); valor este superior quando comparado com outros cultivares, tais como Prata anã (1,61); Pavocan (1,87) e Prata graúda (1,61) (JESUS et al. 2004). O rendimento em polpa é um parâmetro importante para a indústria de produtos concentrados. Variedades com alto rendimento em polpa, apresentam maiores rendimentos no processamento e produtos finais (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Para os parâmetros comprimento e diâmetro, os resultados encontrados estão de acordo com os citados na literatura por Manica (1998) de acordo com esses parâmetros as bananas Nanicão foram classificadas em tipo C, segundo as Normas para Classificação das bananas (CEAGESP, 2005).

5.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA BANANA NANICÃO

As composições centesimais da banana encontram-se na Tabela 7. Observa-se, para a amostra com casca, diferenças significativas para as frações lipídios, cinzas e fibras, quando comparados com a amostra de banana sem casca, comportamento também encontrado Medeiros et al. (2005), trabalhando com a variedade Pavocan, em estágio verde. A utilização da casca das bananas como parte integrante das farinhas pode ser uma estratégia de agregação de valor á mesma principalmente para as fibras onde as diferenças foram mais significativas.

Tabela 7 Composição centesimal das amostras trituradas de banana com casca e sem casca.

Componentes (g/100g)	Banana verde	
	Com Casca	Sem Casca
Proteínas	4,85±0,16 ^a	4,68±0,25 ^a
Lipídios	0,87±0,05 ^a	0,513±0,04 ^b
Cinzas	2,95±0,8 ^a	2,52± 0,32 ^b
Carboidrato	91,33±0,3 ^a	92,32±0,23 ^b
Amido total	68,42±0,4 ^a	78,43±0,11 ^b
Amido resistente	32,41±0,56	40,32±0,34
Fibra total	22,91±0,11	13,89±0,1

CC – Amostra triturada banana com casca; SC – Amostra triturada banana sem casca

Valores médios de três repetições com seu ± desvio padrão

Letras diferentes entre colunas representam diferenças significativas a 95%.

As cascas dos frutos possuem conteúdos de minerais, e suas paredes celulares apresentam elevados teores de fibras, principalmente insolúveis como a celulose e a hemicelulose, justificando a sua maior presença quando comparado com as polpas dos frutos (PEREIRA, 2007).

Os teores de proteínas e lipídios da amostra de banana sem casca estão próximos aos encontrados, por Pereira (2007), que foram de 4,76 g/100 g b.s e 0,38 g/100 g b.s, respectivamente.

Neste trabalho observou-se um elevado valor de carboidratos para as amostras, sendo mais de 70% do total correspondente a amido. Resultados semelhantes foram encontrados por Torres et al. (2005) (91,70 g/100 g) em bananas tipo Nanicão, em estágio verde.

5.3 CARACTERÍSTICAS DA SECAGEM

O tempo de secagem das amostras de banana com casca e sem casca e suas taxas de alimentação ao secador estão na Tabela 8.

Tabela 8 Vazão de alimentação e tempo total de secagem das amostras de banana com casca e sem casca.

Amostra de Banana	Com casca	Sem casca
Vazão de alimentação (mL/s)	0,0625± 0,05 ^a	0,0652±0,05 ^a
Tempo de secagem (min)	76±7,94 ^a	96±8,34 ^b

Pelo menos uma letra igual entre linhas, não há diferença significativa a 95%

O sucesso na secagem de pastas e suspensões em leito de jorro está relacionado com o regime de estabilidade garantido no leito. Essa estabilidade é garantida por parâmetros de geometria do jorro, por propriedades do material inerte, pela velocidade de ar, pela vazão de alimentação e concentração de pasta no leito (BACELOS, 2006).

Para a secagem de amostras de banana verde, considerando-se as alturas utilizadas, essa estabilidade foi garantida utilizando-se vazões de ar entre as vazões mínimas ($11,05 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) e máximas ($15,03 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) de jorro.

Com as vazões de alimentação de 0,0625 mL/s para a amostra com casca e de 0,0652 mL/s para a amostra sem casca, garantiu-se a ausência de saturação do leito, favorecendo assim sua estabilidade.

É importante ressaltar que a medida que as amostras de banana verde, com casca e sem cascas eram alimentadas no do leito de jorro, a uma vazão constante, havia um acúmulo crescente do produto seco na superfície do material inerte utilizado, porém esse acúmulo não representou saturação do leito ou o seu colapso.

O tempo médio de secagem foi menor para a amostra de banana com casca, podendo ser justificado pelo seu maior teor de fibras. As fibras possuem a característica de adsorver água por capilaridade (adsorção física) preenchendo os espaços celulares internos; encontrando-se fracamente ligada e sendo mais facilmente removida.

A velocidade de remoção da água por capilaridade é muito maior quando comparada com a velocidade de remoção da água por difusão. Alimentos com menor higroscopicidade, em que o movimento de líquidos é governado por força de capilaridade, costumam apresentar menor tempo de secagem, quando comparados com alimentos higroscópicos nos quais o movimento do líquido se dá por difusão (BENDLIN, 2003).

Vale ressaltar, também, que os tempos médios de secagem das bananas em leito de jorro encontrados nesse trabalho foram menores quando comparados com o tempo de secagem em leito fixo para a mesma matéria prima encontrados por Borges (2003) (12 horas) e Pereira (2007) (36 horas).

O tempo de secagem é uma das condições importantes para a indústria de alimentos pois é um parâmetro que reflete custos de produção, consumo de energia, tempo de tratamento, podendo comprometer as características nutricionais e sensoriais do produto.

5.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS FARINHAS

5.4.1 Cor

Os valores dos parâmetros de cor das farinhas de banana, com casca e sem casca, encontram-se apresentados na Tabela 9. A coordenada L* refere-se a luminosidade, coordenada a* refere-se a cromaticidade verde (-)/ vermelho (+) e a coordenada b* a cromaticidade azul (-)/ amarelo (+). Valores de L* mais próximos de 100 representam maior luminosidade e mais próximo de 0 representam menor luminosidade (PEREIRA; MINIM; CHAVES, 2007).

Tabela 9 Valores de cor instrumental das farinhas de banana verde, com casca e sem casca, nas diferentes condições de secagem.

Ensaio de secagem		Farinha com casca			Farinha sem casca		
Temperatura (°C)	Altura (cm)	L*	a*	b*	L*	a*	b*
80	12	97,2±0,37 ^a	-0,53±0,09 ^a	+3,89±0,04 ^a	104,3±0,04 ^a	-0,48±0,01 ^a	+1,87±0,09 ^a
80	15	96,6±0,02 ^a	-0,38±0,09 ^b	+1,86±0,12 ^b	102,3±0,09 ^b	-1,47±0,08 ^b	+1,37±0,08 ^b
90	12	96,1±0,04 ^a	-0,43±0,08 ^c	+3,51±0,04 ^c	98,9±0,21 ^c	-0,50±0,05 ^c	+0,19±0,07 ^c
90	15	95,4±0,25 ^b	-0,32±0,23 ^d	+3,22±0,32 ^d	97,5±0,12 ^c	-0,43±0,19 ^d	+0,22±0,04 ^d

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna, não há diferença significativa a 95%

Obteve-se farinhas mais escuras na secagem utilizando maiores temperaturas, fato observado em ambas as farinhas. Este comportamento semelhante foi observado por Lima et al. (1995), quando o aumento da temperatura escureceu o pó obtido de acerola, seriguela e cajá.

Nas farinhas de banana com casca esse comportamento foi mais significativo, comportamento que pode ser atribuído a degradação da clorofila presente na casca das bananas.

A clorofila apresenta sensibilidade ao oxigênio, ao calor e ao pH, formando como produto de sua degradação feofitina e feoforbídio, que possui cor característica verde-castanho (MALHEIROS, 2007).

Todas as farinhas de banana obtidas neste trabalho, apresentaram coloração mais clara, quando comparadas com a farinha de trigo branca, farinha integral e farinha de casca de banana obtidas por Fernandes et al. (2008)

O atributo cor tem um impacto na avaliação e aquisição de produtos alimentícios, tanto para consumidor o quanto para as indústrias de alimentos. Quanto mais branca maior sua aceitação e interesse, já que quando incorporados como ingredientes na elaboração de algum produto provocará ou provocará pouca alteração na cor final do mesmo (CASTILHO; FONTANARI; BATISTUTI, 2010).

Para as coordenadas a^* e b^* , em geral verificou-se a predominância da componente amarela (b^*) sobre a componente verde (a^*), gerando farinhas com tendência a coloração amarela, mais escura ou mais clara.

5.4.2 Granulometria

A distribuição granulométrica das farinhas obtidas nos ensaios de secagem encontram-se na Figura 12.

Observa-se para ambas as farinhas que não houve uma uniformização no tamanho das partículas, evidenciado pela retenção considerável de massa nas diversas peneiras. Esse comportamento pode ser atribuído ao acúmulo crescente da matéria prima na superfície do material inerte (granulação), gerando partículas com tamanhos diferenciados ao longo da secagem.

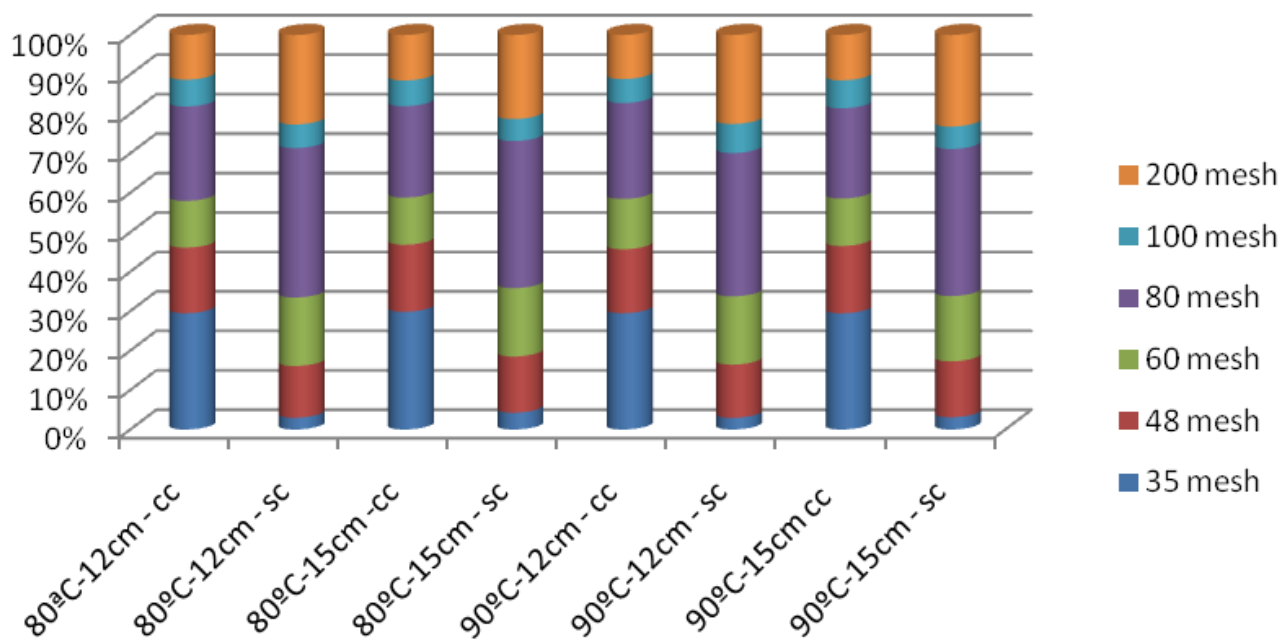


Figura12 Distribuição granulométrica das farinhas de banana verde com casca (cc) e sem casca (sc).

Dentre as peneiras utilizadas, o maior percentual de massas retidas para as farinhas com casca verificou-se nas peneiras de 35 mesh e 80 mesh. Na primeira peneira, provavelmente, ocorreu a retenção de material fibroso proveniente da casca e na segunda peneira a farinha sem esse componente. Já para as farinhas sem as cascas o maior percentual de massa retida foi observado na peneira de 80 mesh.

A granulometria das farinhas de banana verde obtidas neste trabalho foi menor quando comparadas com a granulometria das farinhas de banana verde obtidas em leito fixo por Pereira (2007), sendo o material retido na peneira de 30 mesh.

A secagem em leito de jorro, por produzir diretamente o pó, elimina a operação de moagem do material seco e ainda gera tamanhos de partículas menores quando comparados com a secagem em leito fixo, fato importante uma vez que diminui o tempo de processamento pela eliminação de uma etapa.

As farinhas de banana verde obtidas neste trabalho apresentaram tamanho de partícula 1,3 vezes maior, quando comparado com o tamanho das partículas das farinhas de trigo obtidas por Fernandes et al.(2008),

5.4.3 Rendimento

Os valores de rendimento das farinhas de banana verde com casca e sem casca encontram-se ilustrados na Figura 13.

Para todos os ensaios de secagem o maior rendimento foi obtido nas farinhas com casca, sendo justificada pelo maior conteúdo de água e sólidos.

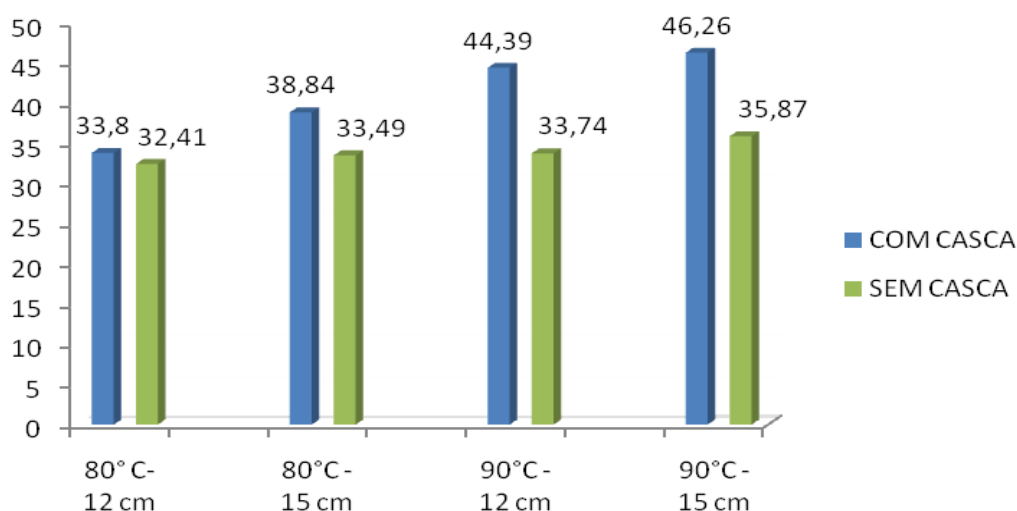


Figura 13 Rendimento das farinhas de banana verde com casca e sem casca obtidas em secador leito de jorro.

Analisando o rendimento por ensaio de secagem, observa-se maior rendimento para a secagem realizada na temperatura de 90 °C com altura do leito de 15 cm. A temperatura elevada favorece a transferência de massa e a altura do leito elevada aumenta a energia de colisão das partículas favorecendo a retirada do material aderido a sua superfície.

O rendimento em leito de jorro, para a obtenção de farinha de banana, foi baixo quando comparado, por exemplo, com o rendimento em leito fixo, sendo encontrado por Borges (2007) valores de 74,50 %, segundo Pereira (2007).

O baixo rendimento de determinados materiais em leito de jorro, representado pelo acúmulo do material no interior do leito, aderência nas paredes do secador é citado por vários autores (BARRET; FANE; 1990; ALMEIDA, 1991; MOREIRA, 1991; SOUZA, 1992), e está relacionado com vários parâmetros, como: a geometria do jorro, características da matéria prima, características do material inerte, vazões de alimentação e condições operacionais de secagem. Portanto para se otimizar o

rendimento é necessário que se faça um estudo criterioso de todas as condições envolvidas no processo de secagem (MEDEIROS, 2001).

5.4.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade em água

Os valores de solubilidade em água e poder de inchamento das farinhas encontram-se apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 Solubilidade e poder de inchamento das farinhas de banana verde com cascas e sem casca a temperatura ambiente (25 a 27°C).

ENSAIO		FARINHA COM CASCA		FARINHA SEM CASCA	
Temperatura (°C)	Altura (cm)	Solubilidade (%)	Poder de inchamento (g/g)	Solubilidade (%)	Poder de inchamento (g/g)
80	12	1,22±0,08 ^A	2,99±0,04 ^a	1,6±0,2 ^a	2,89±0,04 ^b
80	15	1,54±0,19 ^a	3,28±0,04 ^b	1,54±0,1 ^b	3,24±0,04 ^b
90	12	1,34±0,2 ^c	2,88±0,04 ^c	1,90±0,2 ^c	2,72±0,03 ^b
90	15	1,92±0,04 ^d	3,20±0, ^d	1,33±0,2 ^d	2,86±0,23 ^a

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna, não há diferença significativa a 95%

O poder de inchamento e a solubilidade são bons parâmetros para avaliar a integridade do grânulo de amido. A solubilidade está relacionada com a quantidade de sólidos solúveis na amostra seca, permitindo verificar a severidade do tratamento em função da gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização do amido. O poder de inchamento está relacionado com a viscosidade de pasta a frio, porque somente o grânulo de amido danificado absorve água a temperatura ambiente e incha (LUSTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2009).

Observa-se que a absorção em água para as farinhas com casca e sem casca variou de 2,88 a 3,28 % e de 2,72 % a 3,24 %, respectivamente. Os valores encontrados para a farinha sem casca e com casca foram superiores aos encontrados por achados por Silva e Silva (2005), para farinha de banana verde da variedade Nanicão, quando seca em leito fixo, que foi de 1,89 %. A justificativa possível para essa diferença pode estar relacionada a característica do processo de secagem em leito de jorro. A presença de material inerte no interior do leito promove colisões entre as partículas e a amostra, essas colisões podem ter causado alguns danos, mesmo que pequenos, nos grânulos de amido, fazendo com que estes grânulos absorvessem mais água quando comparados com as farinhas obtidas em leito fixo.

Os valores de solubilidade das farinhas com casca e sem casca variou de 1,22 % a 1,92 % e de 1,33 % a 1,90 %; valores superiores quando comparados aos de Silva e Silva (2005) (0,601 %), trabalhando com a mesma variedade de banana.

Analisando a influência da altura do material inerte e da temperatura sobre a solubilidade e poder de inchamento das farinhas, verificou-se que não houve uma correlação bem definida entre esses parâmetros.

Fazendo uma comparação dos valores obtidos para o poder de inchamento com valores para farinhas de banana extrusadas, encontrados por Torres et al. (2005) (15,86 %), os valores foram menores. Durante a extrusão, a estrutura do amido é totalmente ou parcialmente destruída. Isso faz com que o produto absorva líquido rapidamente e forme uma pasta a temperatura ambiente (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005). Esse comportamento é diferente quando comparados com as farinhas de banana obtidas em leite de jorro.

Avaliando a influência da temperatura sobre o poder de inchamento e sobre a solubilidade (Tabela 11 e 12) observou-se, para ambas as farinhas, um aumento mais acentuado a partir de 70°C, sugerindo o início da formação de pasta. Sendo o aumento para a solubilidade de 228 % quando a temperatura foi aumentada de 50 °C para 70 °C de 277 % quando foi aumentada de 70 °C para 90 °C; já para o poder de inchamento esse aumento foi de 197 % quando o aumento foi de 50 °C para 70 °C e de 263 % quando a temperatura foi aumentada de 70 °C para 90 °C.

Tabela 11 Valores de solubilidade das farinhas de banana verde obtidas nas diferentes condições de secagem.

ENSAIO		SOLUBILIDADE (%)					
		FARINHA COM CASCA			FARINHA SEM CASCA		
Temperatura (°C)	Altura (cm)	50 °C	70 °C	90 °C	50 °C	70 °C	90 °C
80	12	2,35±0,06 ^a	4,48±0,1 ^b	14,66±0,3 ^c	1,93±0,1 ^A	5,36±0,4 ^B	14,99±0,9 ^C
80	15	2,62±0,12 ^a	4,55±0,1 ^b	13,24±0,19 ^c	2,23±0,2 ^B	4,67±0,3 ^C	13,44±0,7 ^A
90	12	2,59±0,05 ^a	6,28±0,2 ^b	16,31±0,07 ^c	2,62±0,1 ^C	6,30±0,1 ^D	16,53±0,3 ^B
90	15	2,07±0,08 ^a	6,27±0,3 ^b	15,66±0,2 ^c	2,87±0,9 ^E	5,77±0,3 ^A	15,69±0,2 ^D

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna, não há diferença significativa a 95%

Tabela 12 Valores de poder de inchamento das farinhas de banana verde obtidas nas diferentes condições de secagem.

ENSAIO		PODER DE INCHAMENTO (g/g)					
Temperatura (°C)	Altura (cm)	FARINHA COM CASCA			FARINHA SEM CASCA		
		50 °C	70 °C	90 °C	50 °C	70 °C	90 °C
80	12	2,77±0,07 ^a	5,74±0,2 ^b	14,02±0,18 ^c	3,45±0,2 ^A	6,31±0,4 ^B	15,18±0,4 ^C
80	15	3,44±0,15 ^a	5,17±0,6 ^b	13,68±0,3 ^c	3,32±0,3 ^B	7,66±0,5 ^C	15,2±0,5 ^A
90	12	3,28±0,04 ^a	6,30±0,5 ^b	17,45±0,3 ^c	2,94±0,1 ^C	6,08±0,2 ^A	19,6±0,5 ^B
90	15	2,96±0,04 ^a	6,27±0,3 ^b	16,79±0,2 ^c	3,25±0,6 ^D	6,48±0,3 ^E	19,07±0,3 ^F

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna, não há diferença significativa a 95%

A medida que aumenta a temperatura de suspensão da pasta de amido, a solubilidade e o poder de inchamento aumentaram proporcionalmente e com uma alta correlação (figura 14), sendo esse acréscimo mais acentuado entre as temperaturas de 70°C e 90°C, faixa de temperatura esta superior a temperatura de gelatinização dos grânulos de amido de banana. Comportamento similar foi encontrado por Silva e Silva (2004) e Zavareze et al. (2009).

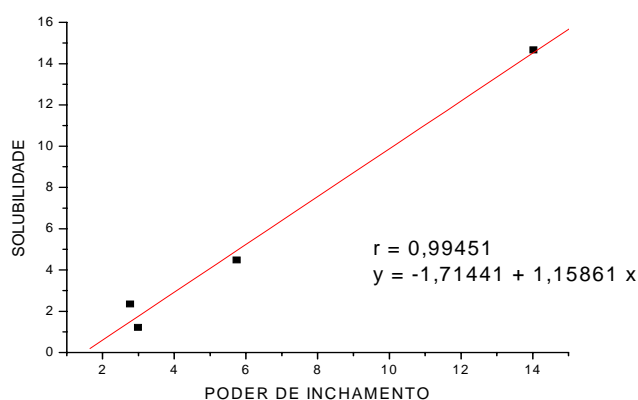


Figura 14 Correlação entre solubilidade e poder de inchamento.

Quando a temperatura da suspensão de amido supera o limite da gelatinização, as ligações de hidrogênio são rompidas, as moléculas de água se ligam aos grupos hidroxilas liberados e os grânulos se expandem (ZAVAREZE et al. 2009).

As propriedades de poder de inchamento e solubilidade variam com a fonte de amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido (amilose e amilopectina). A extensão destas interações é influenciada pela proporção de amilose:amilopectina e pelas características dessas moléculas (distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação) (DENARDIN; SILVA, 2008). Segundo Fernandes et al. (2007) a proporção de amilose: amilopectina nos grânulos de amido fica em torno de 25% de amilose e 75% de amilopectina. D'Agostini et al. (2008) encontraram teores de 22 % a 25 % de amilose para bananas verdes da variedade Nanicão.

Apesar da literatura não citar a correlação da quantidade de amido disponível com a solubilidade, neste trabalho observou-se uma forte correlação. As farinhas que possuíram maior variação de solubilidade foram as que apresentaram maiores quantidade de amido disponível (Figura 15).

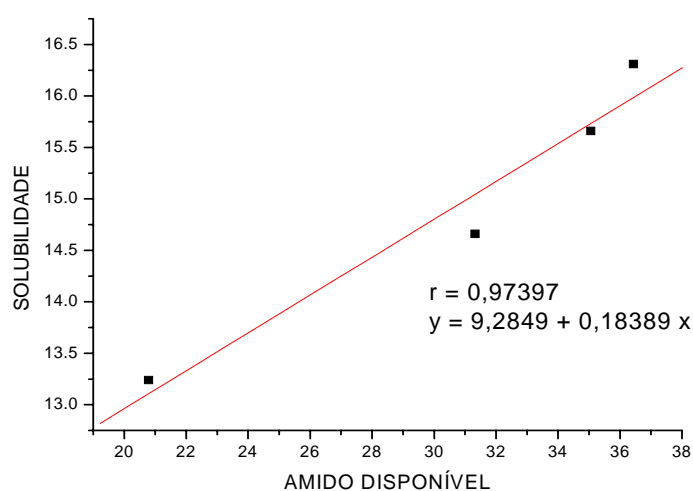


Figura 15 Correlação entre solubilidade e quantidade de amido disponível.

5.4.5 Viscosidade

A viscosidade é uma das propriedades mais importantes em produtos amiláceos. Os dados de viscosidade representam o comportamento durante aquecimento e permitem avaliar as características das pastas formadas, devido as modificações estruturais das moléculas de amido e de outros compostos e também a tendência a retrogradação durante o resfriamento (ASSIS et al. 2009).

Os valores de viscosidade das farinhas com casca e sem casca encontram-se na Figura 16.

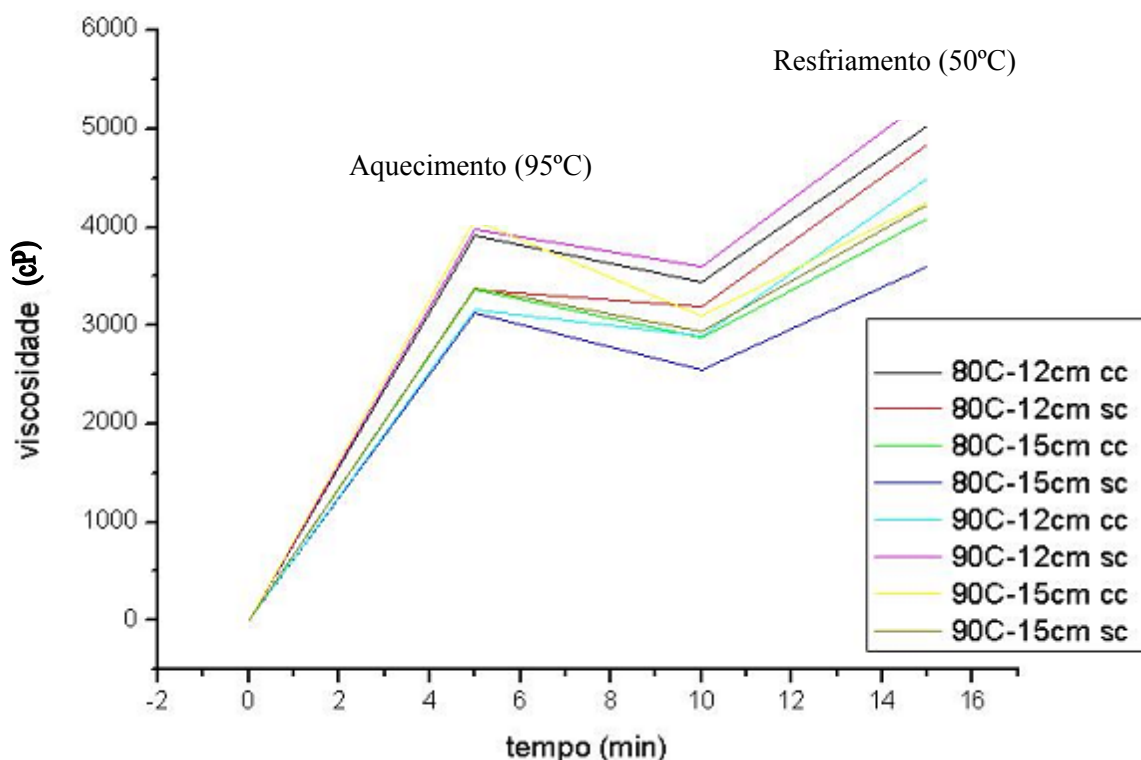


Figura 16 Curva de viscosidade (RVA) das farinhas com casca e sem casca obtidas nas diferentes condições de secagem.

Na fase inicial de aquecimento é observado um aumento de viscosidade, em que os grânulos de amido começam a intumescer e moléculas de baixo peso molecular e amilose começam a ser lixiviadas do grânulo. Após o pico de viscosidade ocorre uma queda da mesma pelo rompimento e solubilização de parte dos grânulos devido, ao aquecimento e a agitação mecânica. Na fase de resfriamento os polímeros começam a se reassociar e novamente aumenta a viscosidade, representando a tendência à retrogradação. De uma maneira geral, quando comparados com outras fontes amiláceas, as farinhas de banana verde obtidas neste trabalho apresentam alta viscosidade de pico (média de 3542 cp) e alta tendência a retrogradação (média de 4480 cp), evidenciando que o amido da banana verde nas farinhas obtidas não apresenta uma organização tão coesa, com, provavelmente, proporções maiores de amilose, gerando grânulos mais susceptíveis ao aquecimento. Em média os grânulos iniciaram sua gelatinização a 83,7°C. Bertolini et al. (2010), trabalhando com farinha de banana verde da espécie Nanicão, achou viscosidade máxima e mínima de 3612 cP e 4161 cP, respectivamente e temperatura de gelatinização de 76,2°C. Espinosa; Jane; Bello – Perez (2009) encontraram valores de 2580 cP e 3885,6 cP para viscosidade mínima e máxima de amidos de banana da espécie “*macho*” e temperatura de gelatinização de 75,2°C, atribuindo essa temperatura elevada de gelatinização a maior proporção de cadeia longas de amilopectina (DP > 37) e menores proporções de cadeia curta (DP 6 -12).

Oliveira, Pereira e Reis (2006), trabalhando com farinha de batata encontraram viscosidades de pico 2800 cP, viscosidade final de 6400 cp. Já Assis et al. (2009), trabalhando com farinha de trigo encontraram viscosidade de pico de 2196 cP e viscosidade final de 2782 cp.

Exceto no ensaio 90 °C- 12 cm, observou-se que a viscosidade máxima, mínima e final das farinhas com casca foram maiores quando comparada com a viscosidade das farinhas sem casca, comportamento este que pode ser justificado pela maior presença de fibras, principalmente do tipo insolúvel nas farinhas com casca.

A farinha 90 °C-12 cm, sem casca, foi a que apresentou maior viscosidade máxima e maior tendência a retrogradação, sugerindo que seus grânulos de amido estavam mais suscetíveis ao aquecimento prolongado, com formação de estrutura cristalina não tão coesa.

Pode-se inferir também que os géis formados após a gelatinização do amido, tanto das farinhas com casca quanto das farinhas sem casca, apresentam resistência a ação mecânica evidenciada pela diferença entre a viscosidade mínima e máxima no período de temperatura constante. Essa característica é importante quando o objetivo é utilizar essa fonte amilácea como espessante, que exige longo tempo de tratamento térmico sob agitação mecânica.

5.4.6 Umidade e atividade de água das farinhas de banana verde

Os valores de umidade das farinhas com casca e sem casca em cada ensaio encontram-se ilustradas na Tabela 13.

Pode-se observar que tanto a temperatura quanto a altura do leito exerceram influências significativas sobre os valores de umidade. Mantendo-se a temperatura constante e variando a altura de 12 cm para 15 cm tem-se um valor de umidade menor, tendo esta diferença estatisticamente significativa. Assim, como quando se mantém a altura do leito com variação da temperatura. Comportamento semelhante foi encontrado por Rodrigues e Tobinaga (2001) ao estudarem a secagem de suspensão de peixe em leito de jorro e por Silva (2007) ao trabalhar com resíduo de limão siciliano.

Tabela 13 Valores de umidade e atividade de água das farinhas nas diferentes condições de secagem.

ENSAIO		FARINHA COM CASCA		FARINHA SEM CASCA	
T (°C)	Altura (cm)	Umidade (%)	Atividade água	Umidade (%)	Atividade água
80	12	11,5±0,12 ^a	0,52±0,007 ^a	10,2±0,09 ^A	0,45±0,002 ^A
80	15	9,8±0,12 ^b	0,45±0,003 ^b	9,8±0,25 ^b	0,43±0,001 ^A
90	12	8,7±0,03 ^c	0,36±0,008 ^c	7,1±0,06 ^C	0,3±0,003 ^c
90	15	8,4±0,08 ^c	0,33±0,007 ^c	6,9±0,08 ^C	0,28±0,008 ^c

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna e entre colunas, não há diferença significativa a 95%

A elevação da temperatura proporciona um aumento da taxa de evaporação do material, uma vez que sua energia cinética excede a força de coesão aplicada pela tensão superficial a superfície do líquido. A medida que se aumenta a altura do leite, aumenta-se também a superfície de contato para a secagem do material.

Observou-se, também, valores de umidade maiores para as farinhas com casca podendo ser justificada pela adição de maior quantidade de água no momento da trituração, para obtenção da pasta de secagem.

Verificou-se também que em todas as condições de secagem os valores de umidade obtidos atendem ao do padrão ANVISA (BRASIL, 1978) que é de, no máximo, 15 %.

Os valores de atividade de água também seguiram o mesmo comportamento encontrado para a umidade. Em todas as condições, a atividade de água se apresenta abaixo do valor que garante a estabilidade microbiológica, que é de 0,6, (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005) sendo os menores valores encontrados nas condições 90 °C e 15 cm.

Neto et al. (2005) trabalhando com farinha de mandioca, acharam valores médios de atividade de água de 0,4, já Munhoz et al. (2008) encontraram valores de atividade de água de farinhas polpas e cascas de farinha de goiaba, secas em leite fixo, de 0,4 e 0,37, respectivamente.

A atividade de água tem sido considerada uma propriedade fundamental no controle da qualidade dos alimentos uma vez que expressa o teor de água que se encontra no estado livre (NETO et al. 2005).

5.4.7 Conteúdo de amido total, amido disponível e amido resistente nas farinhas

Os valores de amido total (AT), amido disponível (AD) e amido resistente (AR) nas farinhas de banana Nanicão verde encontram-se ilustradas na Tabela 14.

Tabela 14 Valores de amido total, amido disponível e amido resistentes nas farinhas de banana com e sem casca

ENSAIO		FARINHA COM CASCA		
T (°)	Altura (cm)	AT (%)	AD (%)	AR (%)
80	12	66,39±0,5 ^f	31,32±0,08 ^{a,c}	35,065±0,415 ^{a,c,d}

80	15	55,61±0,27 ^e	20,79±0,12 ^b	34,825±0,155 ^{a,c}
90	12	69,11±0,34 ^{a,c}	36,44±1,22 ^d	32,67±0,88 ^{a,c}
90	15	68,42±0,12 ^c	35,06±1,23 ^{e,f}	33,35±1,10 ^c

ENSAIO		FARINHA SEM CASCA		
T(°)	Altura (cm)	AT (%)	AD (%)	AR (%)
80	12	70,42±0,1 ^a	28,38±0,27 ^a	42,04±0,17 ^{b,e}
80	15	66,4±0,3 ^f	32,32±0,13 ^{c,e}	34,07±0,4 ^c
90	12	75,73±0,24 ^b	37,49±0,34 ^d	38,24±0,09 ^{d,e}
90	15	78,43±0,23 ^d	37,46±0,49 ^d	40,97±0,73 ^e

Pelo menos uma letra igual, não há diferenças significativas a 95 %.

Pelo menos uma letra igual na mesma coluna, não há diferenças significativas a 95%

Percebe-se que há uma variação nos conteúdos de amido total para as diferentes condições de secagem, porém essa variação é atribuída a oscilação natural na matéria prima já que para cada ensaio de secagem foram utilizados lotes de bananas diferentes, e que os valores encontrados são semelhantes aos referenciados por Fasolin et al. (2007) (73,28 %), Borges (2007) (72,72 %) e Cadernette (2006) (63,0 %).

Do total de amido nas farinhas de banana verde obtidas, a maioria está na forma de amido resistente, com valores que se assemelham aos encontrados por Teixeira et al. (1998) (49,6 %). Comparando os valores de amido resistente entre as farinhas, observam-se valores mais elevados nas farinhas sem casca.

As farinhas de banana verde podem ser consideradas fontes de amido resistente, podendo ser utilizadas como alimento com fins funcionais para prevenção ou redução do colesterol, constipação, diverticulite, hemorróidas e mesmo câncer de cólon. A ingestão de amido resistente na Europa e América Latina é reduzida (3 a 6 g/dia) se comparada ao consumo em outros continentes como a Ásia (8-19 g/dia). Entretanto existe um enorme potencial para o aumento desse nutriente através de alimentos e produtos com elevado teor de amido resistente, e a farinha de banana verde pode ser um desses (CARDENETTE, 2006).

Como o conteúdo de amido resistente pode ser modificado por alguns tipos de processamento, neste trabalho foi avaliado se o processo de secagem utilizado (leito de jorro) teve influência sobre esses conteúdos de amido resistente. Os resultados encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 Conteúdo de amido resistente (%) nas polpas e nas farinhas de banana verde Nanicão com casca e sem casca.

ENSAIO		COM CASCA		SEM CASCA	
T(°C)	Altura (cm)	Polpa	Farinha	Polpa	Farinha
80	12	35,625±0,17 ^a	35,065±0,15 ^a	42,38±0,51 ^a	42,04±0,17 ^a
80	15	35,16±0,4 ^a	34,825±0,155 ^a	35,6±0,43 ^a	34,07±0,23 ^a
90	12	32,96± 1,02 ^a	32,67±0,88 ^a	37,95±1,83 ^a	38,245±0,09 ^a
90	15	33,49±0,5 ^a	33,35±1,10 ^a	41,13±2,06 ^a	40,97±0,73 ^a

Pelo menos uma letra igual entre colunas, não há diferenças significativas a 95%

Apesar das polpas terem umidade elevada e serem submetidas a temperaturas de secagem superiores a temperatura de gelatinização, condições favoráveis a mesma e formação de amido resistente, não houve diferenças significativas entre os valores de amido resistente encontrados nas polpas e nas farinhas. Este comportamento pode ser justificado pela característica de secagem em leito de jorro, sendo o contato da matéria prima com a temperatura de secagem, bastante rápido, não permitindo ocorrer gelatinização no tempo de contato.

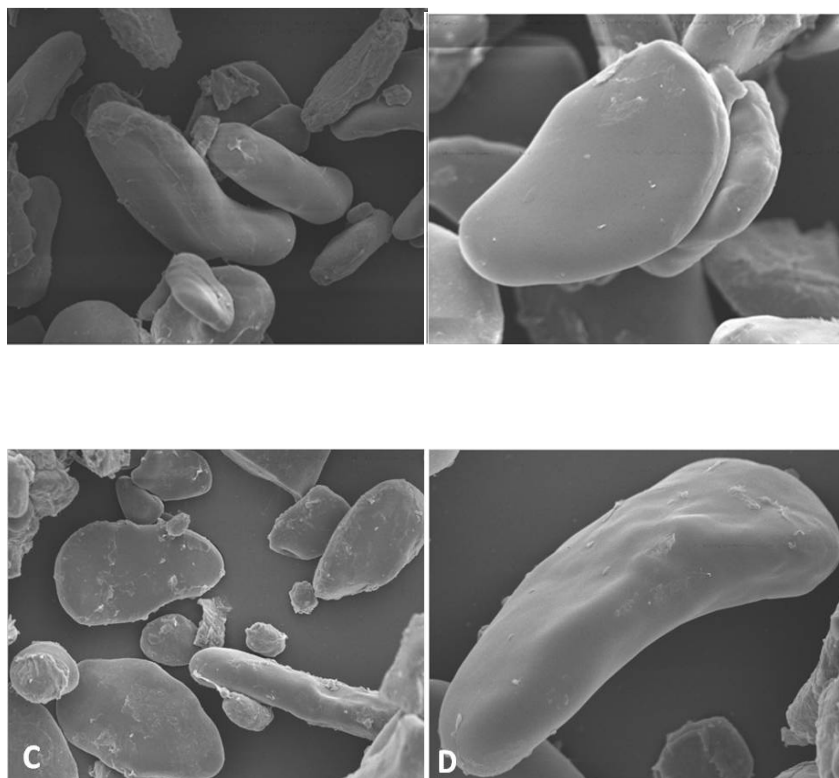
Resultados diferentes foram encontrados por Tribess et al. (2008) ao avaliarem a formação de amido resistente em farinhas de banana verde submetidas a diferentes condições de secagem em leito fixo, mostrando que a questão tempo de contato pode ter sido determinante na secagem em leito de jorro.

5.4.8 Microscopia eletrônica de varredura e microscopia óptica

A microscopia é uma importante ferramenta nos estudos das características dos grânulos de amido, fornecendo informações sobre a origem dos grânulos, características de tamanho, diâmetro e informações referentes a sua superfície. Pode ser utilizada para examinar os grânulos sujeitos ao processamento analisando, morfológicamente, se este sofre alguma influência (BENINCA, 2008).

Na microscopia eletrônica se obtém informações com relação a forma e tamanho dos grânulos já a microscopia óptica, sob luz polarizada, se obtém informações relativas a organização interna do grânulos pela visualização ou não da cruz de malta (LACERDA, 2006).

As imagens da microscopia eletrônica dos grânulos de amido das farinhas obtidas encontram-se na Figura 17.



Figura

17

Microscopia eletrônica de varredura dos grânulos de amido de farinha de banana verde (aumento de 2000x). A - Ensaio 80 °C sem casca; B- Ensaio 90 °C sem casca; C- 80 °C com casca e D – 90 °C com casca.

Os grânulos de amido apresentaram forma e tamanhos diferenciados. Os grânulos grandes tendem a ser achatados e mais alongados, enquanto os grânulos pequenos arredondados; esses valores

estão de acordo com os encontrados por Izidoro et al. (2007). Na caracterização de amido de banana Nanicão o tamanho variou de 70 a 110 μm .

Segundo Cereda (2001) os tamanhos dos grânulos de amido de mandioca variam de 4 a 35 μm ; já Sahai e Jackson (1996) encontraram diâmetro de amido de milho na faixa de 3 a 23 μm .

O tamanho e a forma dos grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de uso potenciais do amido, por exemplo, grânulos pequenos (2 a 10 μm) podem ser usados como substitutos de gordura, já grânulos grandes têm aplicação em filmes plásticos biodegradáveis (LEONEL, 2007).

É provável que os grânulos menores estejam em processo de formação, já que os frutos foram colhidos antes do começo da degradação do amido, que ocorre durante o amadurecimento do fruto.

A utilização das informações das características morfológicas dos grânulos de amido permite identificar sua fonte, quando a matéria prima for desconhecida (banana, milho, mandioca) o que pode ser utilizado como uma ferramenta, por exemplo, para identificação de possíveis fraudes, com mistura de ingredientes não permitidos em um determinado produto.

As imagens obtidas na microscopia óptica encontram-se na Figura 18.

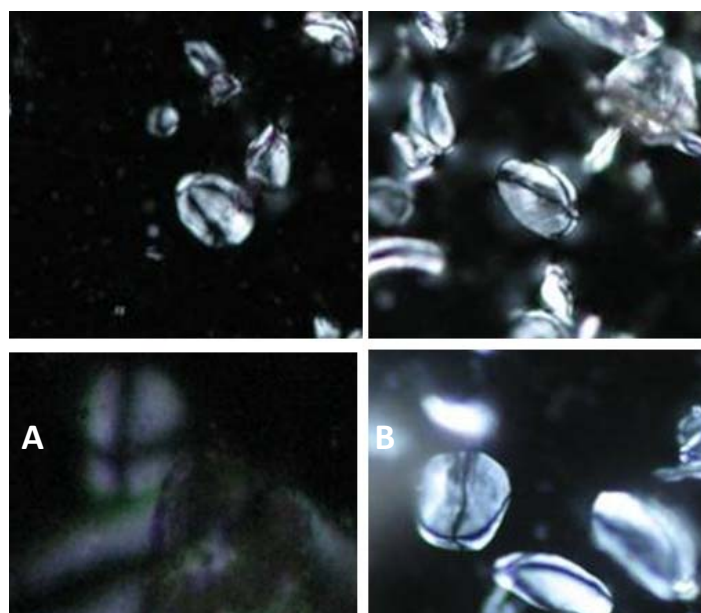


Figura 18 Imagens de microscopia óptica sob luz polarizada dos grânulos de amido das farinhas de banana verde. A- Secagem a 80 °C com casca; B-Secagem a 90 °C com casca; C – Secagem a 80 °C sem casca; D- Secagem a 90 °C sem casca.

Relacionando os dados de imagem obtidos na microscopia óptica com o processo de secagem pode-se obter informações valiosas no que se refere ao conhecimento da influência do mesmo sobre o grânulo de amido. Grânulos intactos, que não sofreram gelatinização durante o processo preservam sua birrefringência (cruz de malta). Diante do exposto, pode-se afirmar que os amidos das farinhas obtidas em todos os ensaios de secagem não sofreram desestruturação interna, ou seja, não sofreram gelatinização o que pode ser confirmado pela birrefringência.

Fontes amiláceas que não sofreram gelatinização podem ser aplicadas principalmente como espessantes de alimentos.

5.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS SELECIONADAS

A composição centesimal e o valor calórico das farinhas de banana verde com casca e sem casca, encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 Composição Centesimal das farinhas de bananas verdes com casca e sem casca

Componentes (g/100 g)	Farinha	
	Com casca	Sem casca
Umidade	8,4±0,21 ^a	6,9±0,18 ^b
Proteínas	4,33 ± 0,084 ^a	4,14 ± 0,078 ^a
Lipídios	0,701 ± 0,001 ^a	0,453 ± 0,009 ^b
Cinzas	2,72 ± 0,08 ^a	1,084 ± 0,06 ^b
Carboidrato	83,94 ± 0,09 ^a	86,92 ± 0,08 ^b
Amido total	68,42 ± 0,51 ^a	78,43 ± 1,83 ^b
Fibra total	15,52±0,23	8,49±0,67
Fibra insolúvel	13,45±0,34	7,15±0,48
Fibra solúvel	2,07±0,26	1,34±0,32

Pelo menos uma letra igual entre linhas, não há diferenças significativas a 95%.

Os valores de proteínas e lipídios encontrados são semelhantes aos de Borges et al. (2009). Embora sejam considerados baixos estes superam de muitas outras farinhas de tais como farinha de

batata (1,95 g/100 g); cenoura (3,62 g/100 g); mandioca (1,36 g/100 g) (FRANCO; DAIUTO; DEMIATE, 2002).

Observou-se maiores teores de lipídios, cinzas e fibras e menores teores de carboidratos e amido na farinha com casca. A utilização das cascas como parte integrante das farinhas ganha cada vez mais espaço por agregar valor nutricional a mesma.

Observou-se nas farinhas, com casca e sem casca, uma elevada concentração de amido (> 68 % do total da fração glicídica).

As contribuições percentuais de macronutrientes e valor calórico das farinhas de bananas com casca e sem casca, em relação as Ingestão Diária Recomendada (IDRs) se encontram na

Tabela 17. Os dados consideram os requerimentos nutricionais de um adulto.

Tabela 17 Composição de macronutrientes x Percentual da Ingestão Diária Recomendada (IDRs) para adultos.

Componentes (g /100 g)	Farinha			
	Com casca	IDRs (%)	Sem casca	IDRs (%)
Proteínas	4,33 ± 0,084 ^a	7,73	4,14 ± 0,078 ^a	7,39
Lipídios	0,701 ± 0,001 ^a	0,21	0,453 ± 0,009 ^b	0,13
Carboidrato	83,94 ± 0,09 ^a	64,56	86,92 ± 0,08 ^b	66,86
Valor calórico (kcal/100 g)	359,39 ± 0,05 ^a	14,37	368,31 ± 0,045 ^b	14,73

Pelo menos uma letra igual entre linhas, não há diferenças significativas a 95%.

Observou-se que as farinhas podem ser consideradas como boa fonte de carboidrato já que fornecem 64,56% das recomendações diárias de ingestão.

5.6 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS SELECIONADAS

Os resultados para coliformes a 45°, *Bacillus cereus* e *Salmonella* spp e encontram-se ilustrados na Tabela 18.

Tabela 18 Valores médios de coliformes a 45°, *Bacillus cereus* e *Salmonella sp* das farinhas de banana verde com casca e sem casca.

Microorganismos	Valores Médios		Padrões da Anvisa (RDC12)
	FCC	FSC	
Coliformes a 45° (NMP/g)	<3	<3	10 ² NMP/g
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< 3,0x10 ²	<1,0x10 ²	3,0x10 ² NMP/g
<i>Salmonella sp</i> (25g)	ausência	ausência	Ausência /25g

FCC – farinha de banana com casca; FSC – farinha de banana sem casca.

Todos os parâmetros microbiológicos, tanto para a farinha com casca quanto para a farinha sem casca, estão dentro do estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001) para farinha, confirmando que o processo utilizado para a produção das farinhas foi satisfatório do ponto de vista de segurança microbiológica.

5.7 ISOTERMA DE SORÇÃO DAS FARINHAS SELECIONADAS

Os dados experimentais obtidos de umidade de equilíbrio (X_{eq}) e atividade de água (A_w) na temperatura de 25 °C para farinha de banana verde sem casca e com casca estão na Tabela 19.

Tabela 19 Dados de isoterma de sorção das farinhas de banana verde sem casca e com casca a 25 °C.

Adsorção				Dessorção			
Farinha sem casca		Farinha com casca		Farinha sem casca		Farinha com casca	
Aw	Xeq	Aw	Xeq	Aw	Xeq	Aw	Xeq
0,109	1,66	0,094	1,67	0,905	29,71	0,920	35,13
0,167	3,17	0,155	3,21	0,878	26,58	0,913	32,80
0,230	4,67	0,162	2,64	0,859	22,57	0,899	31,38
0,295	8,61	0,175	3,40	0,756	16,99	0,880	28,15
0,472	10,05	0,206	3,79	0,699	14,15	0,870	26,62
0,586	10,67	0,226	4,16	0,605	12,40	0,859	24,60
0,617	14,42	0,288	4,64	0,489	9,69	0,825	20,17
0,727	13,52	0,377	4,12	0,447	8,66	0,793	19,62
0,700	20,46	0,415	4,21	0,301	4,67	0,731	16,16
0,808	19,97	0,496	6,82	0,232	3,79	0,676	13,78
0,835	21,79	0,496	7,04	0,192	3,18	0,580	11,38
0,851	30,56	0,535	7,92	0,082	2,23	0,544	9,63
0,901	25,79	0,659	14,17	0,064	0,93	0,457	5,60
		0,836	21,69			0,188	3,88
		0,857	27,06				
		0,924	35,1				

Aw: atividade de água; Xeq – Umidade de equilíbrio

Com base nos dados de adsorção, observou-se que a farinha de banana verde sem casca e sem casca apresentarão níveis de atividade de água superiores a 0,6, quando tiveram umidades superiores a 11 g H₂O/100 g b.s e 7 g H₂O/100 g b.s, respectivamente. Os valores de atividade de água abaixo de 0,6 garantem a estabilidade microbiológica do alimento (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

Na Figura 17 têm-se as curvas de adsorção e dessorção obtidas através dos dados experimentais ajustados ao modelo de BET completo. Observou-se um aumento da umidade de equilíbrio com o aumento da atividade de água representada por uma curva exponencial demonstrando comportamento típico de uma isoterma do tipo III para a farinha sem casca e tipo II para farinha com casca, segundo classificação da IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, 1985), característicos de alimentos ricos em carboidratos.

O modelo de BET completo foi o que apresentou melhor ajuste aos dados de equilíbrio na modelagem da isoterma de sorção da farinha de banana verde sem casca e com casca para a temperatura de 25 °C (Tabela 20).

Tabela 20 Parâmetros de BET completo para a farinha de banana verde sem casca e com casca.

	Isoterma	Parâmetros			
		m_0	c	n	R
Farinha sem casca	Adsorção	5,78	6,58	10,63	0,94
	Dessorção	4,85	6,81	14,11	0,99
Farinha com casca	Adsorção	4,34	5,87	20,97	0,99
	Dessorção	4,14	23,98	21,70	0,99

O modelo de BET completo descreveu com confiabilidade a isoterma em questão, fato este evidenciado pelo valor elevado de R.

A monocamada determina o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material apresenta estabilidade máxima, pois representa o limite de umidade na qual se iniciam

as reações químicas indesejáveis, além do favorecimento da elevação de consumo de energia,

para que se possa eliminar a quantidade residual de água no alimento (Silva, Silva, Pena, 2008).

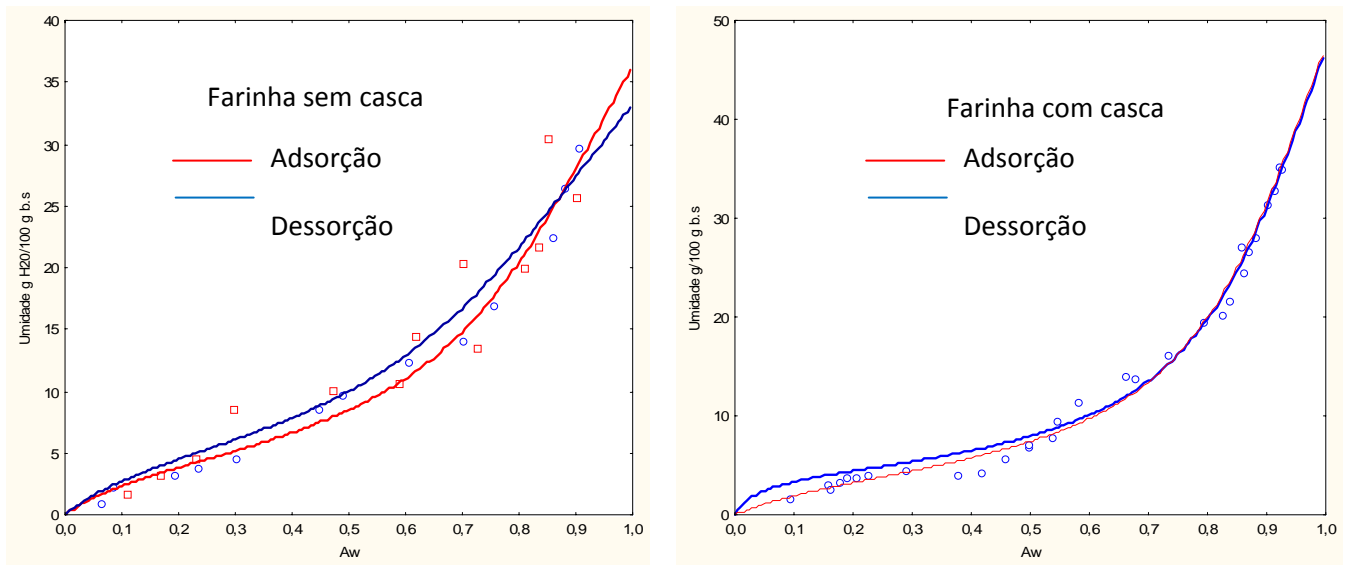


Figura19 Isotherma de sorção de farinha de banana verde sem casca e com casca ajustada ao modelo de BET completo.

5. CONCLUSÕES

As farinhas de banana verde obtidas neste trabalho apresentaram tamanhos médios de partículas de 0,18mm.

Com relação a cor instrumental, as farinhas com casca apresentaram-se mais escuras do que as farinhas sem casca.

As farinhas obtidas representam excelentes fontes de amido, principalmente amido resistente, podendo ser utilizada como alimento funcional. A incorporação das cascas nas farinhas possibilitou à agregação de valor nutricional a mesma, principalmente nos teores de fibras e cinzas.

O maior rendimento de farinha foi obtido no ensaio de maior altura de leito (15 cm) e maior temperatura de secagem (90 °C).

As farinhas de banana verde de um modo geral apresentaram elevada viscosidade máxima, resistência dos grânulos de amido a ação mecânica e alta tendência a retrogradação, características interessantes para utilização desses produtos como espessantes.

As farinhas com casca e sem as casca apresentaram comportamento viscográfico bastante semelhante, assim como valores aproximados de poder de inchamento e solubilidade, apresentando baixa solubilidade a frio e alta solubilidade a quente.

As faixas das variáveis utilizadas no processo de secagem (altura do leito – 12 cm e 15 cm e temperatura – 80 °C e 90 °C) não tiveram correlação com os dados obtidos de solubilidade e poder de inchamento, inferindo que as mesmas não influenciaram nessas propriedades. O mesmo também pode ser concluído para as viscosidades, atribuindo a suas alterações nas farinhas as proporções de amilose: amilopectina dos seus grânulos.

Os conteúdos de amido resistente não sofreram alterações significativas, inferindo que as variáveis de secagem não influenciaram nesses valores.

As farinhas obtidas não sofreram gelatinização, sendo esse comportamento comprovado pela preservação da birrefringência dos grânulos.

O tamanho dos grânulos de amido das farinhas de banana verde variou de 70 a 110µm, com características morfológicas achatados e alongados.

As farinhas de banana verde sem casca e com casca apresentaram isoterma de sorção do tipo II e III, respectivamente, sendo o modelo BET completo o que melhor se ajustou aos dados, obtendo-se valores de monocamada de adsorção de 5,78 e 4,34 respectivamente e de dessorção de 4,85 e 4,14 respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.C.C. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American association of cereal chemists**, 1983.

ALENCAR, R. I M; SANTANA, C.A; COSTA, Q.M.R; MATTAR, N.P; SOUZA, F.R. **Estudo exploratório da cultura da banana no Brasil e na região Norte**. Banco da Amazônia. Consultoria Técnica, 1995.

ALVES, J.E. **A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais**. 2. ed. . Embrapa. Brasília, 1999.

ALMEIDA, M.M. Desidratação de polpa de umbu. Relatório interno. Campina Grande: UFPB, 1991.

ANDERSON, R.A et al. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Science Cereal Today**, v.14, n.1, p.4-11, 1969.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16° ed, Virginia, 1997.

APHA, Technical Committee on Microbiological Methods for food..**Compedium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington: American Public Health Association, p. 336-383, 2001.

ARRUDA, R.M; MELO, N.A.M; PEREIRA,N.C.M; PEREIRA, R.C.J, GASPARETO, L, MOREIRA, A. **Técnicas de cultivo e mercado para a cultura da banana**. Fortaleza, Instituto Frutal, 2008.

ASOAKA, M; BLANSHARD, J.M.V; RICKARD, J.E. Seasonal effects on the physico-chemical properties of starch from four cultivars of cassava. **Starch**, v.45, n.12, p.455-459, 1991.

ASSIS, L.M; ZAVAREZE, E.R; RADUNZ,A.L; DIAS, A.R.G; GUTKOSK, L.C; ELIAS, M.C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parabolizado. **Revista Alimentação e Nutrição**, v.20, n.1, p.15-25, jan/mar. 2009.

BACELOS, M.S. **Análise do comportamento da fluidodinâmica do leite de jorro com misturas de tamanho de partículas**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2006.

BARRET, N; FANE. A. Drying liquid materials in spout bed. Drying 89. Ed. A.S. Mujumdar, Hemisphere Publishing Corp. New York, 1990.

BENDLIN, R.C.S. **Secagem convectiva de erva – mate**. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BELLO – PEREZ, L.A; MONTEALVO, M.G.M; ACEVEDO, E.A. Almidon: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericanos**, cap.1, p.17-46, 2006.

BENINCA, C. **Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Mato Grosso do Sul, 2008.

BERTOLINI, A.C; BELLO-PEREZ. L.A; MONDEZ-MONTEALVO, G. ALMEIDA, C.A.S, LAJOLO, F. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. **Starch**, n.00, p. 1-8. 2010.

BORGES, R.M.T.M. **Potencial Vitamínico da banana verde e produtos derivados**. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Universidade de Campinas, São Paulo, 2003.

BORGES, M.A. **Caracterização e Estabilidade de pré-misturas para bolos a base de farinha de banana verde**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

BORBA, A.M; SARMENTO, S.B; LEONEL, M. Efeitos dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados de farinha de batata doce. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.835-843, out/dez, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância sanitária (ANVISA), Resolução CNNPA n° 12 de 24 de setembro de 1978. **Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos**. Diário Oficial. Brasília, DF.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC n°12 de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial. Brasília, DF.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Diário Oficial da União, Resolução RDC n° 360. **Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**, Brasília, DF, dezembro, 2003.

BROUNS, F; KETTLITZ, B; ARRIGONI, E. Resistant starch and the byturate revolution. **Food Science Technology**, v.13, n.8, p.251-261, agosto. 2002.

CARDENETTE, G.H.L **Produtos derivados da banana verde (Musa spp.) e sua influência na tolerância a glicose e na fermentação colônica**. Tese (Doutorado em Nutrição Experimental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAMPOS, F.R.A; VERAS, P.M. **Estudo da inativação enzimática da polifenoloxidase em banana verde da variedade nanicão (Musa acuminata AAA) para produção de farinha**.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Pará, 2008.

CASER, D.V. Informações estatísticas da agricultura. Anuário IEA, vol. 19, n.1, 2008.

CASTILHO, F; FONTANARI, G.G; BATISTUTI, J.P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremçoço doce (*Lupinus albus*) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp) e sua utilização na produção de fiambre. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n. 1, p. 68-75, março. 2010.

CEAGESP, Centro de qualidade em Horticultura, normas de classificação de bananas. São Paulo, 2005. Disponível em: < www.hortibrasil.org.br/classificação/banana/banana.html> Acesso em: 20 de abril de 2010.

CEREDA, P.M; DAIUTO, R.E; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas. **Revista da Associação Brasileira dos Produtores de Amido e de Mandioca**, ano II, n.8, setembro/ dezembro. 2004.

CEREDA, M.P. Propriedades Gerais dos amidos. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Fundação Cargill, março, 2002. Disponível em <www.raizes-ong.org.br> Acesso em 02 de outubro, 2009.

COLLARES, F. P., MENEZES, H. C. Amidos, féculas nativos e modificados. **Notas de aula**. Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

CORREIA, S.E. **Secagem de pasta residual de soja em leito de jorro**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1996.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Pós-colheita de banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.41-47, 1994.

CRUZ, J.B; COSTA, R.C. **Caracterização da farinha de banana com adição de farinha de tapioca utilizada como merenda escolar no município de Cameté-Pa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia Agroindustrial) – Universidade do Estado do Pará, Pará, 2007.

D'AGOSTINI, P.S; ZOLIN, L.G; BOLSON, M.P.G; DRAGUNSKI, D.C. Extração e caracterização dos amidos de banana maçã e nanica (*musa spp*) obtidos por diferentes métodos. In: 31º Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química. **Anais**, 2008.

DEMIATE, I. M.; CEREDA, M. P. Some physicochemical characteristics of modified cassava starches presenting baking property. **Revista Energia na Agricultura**, v. 15, n. 3, p. 36-46, 2000.

DENARDIN, C.C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos**. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

DENARDIN, C.C; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.3, p.945-954, jan. 2009.

DITCHFIELD,C;TADINI, C.C. Acompanhamento do processo de amadurecimento da banana nânica (*Musa cavendishii* Lamb). In XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Anais**. Porto Alegre, p.1629-1632, 2002.

DIAS, C.M; MARQUES, M.W; BORGES, V.S; MANCINI, C.M. Efeitos da secagem em leite de jorro bidimensional sobre as propriedades físicas e tecnológicas do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.20, n.3, set/dez. 2000.

EERLINGEN, R.C; DECEUNINCK, M; DELCOUR, J. A. Enzyme resistant starch II: Influence of amylose chain length on resistant starch formation. **Cereal Chemistry**. v.70, n.3, p.345-50. 1993.

ELIASSON C.A. **Starch in food: structure, function and applications**. Ed. Woodhead Publishing Limited, 2004.

ELIASSON, C.A. **Carbohydrates in food**. New York, 1996.

ESCARPA, A; GONZÁLEZ, M.C; MORALES, M.D; CALIXTRO, S.F. An approach to the influence of nutrients and others components on the resistant starch formation. **Food Chemistry**. v.60, n.4, p.527-532. 1997.

ESPINOSA-SOLIS, V; JANE, J.I; BELLO – PEREZ. L.A.Phisicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. **Starch**, n.61, p291-299. 2009.

EVAGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Ed. Atheneu, 1994.

FASOLIN, L.H; ALMEIDA, G.C, CASTANHO, P.S, NETO, E.R.O. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliação química, física e sensorial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.27, n.3, p.524-529, jul/set. 2007.

FERNANDES, F.C. **Análise da eficiência energética da secagem de pastas em leite de jorro.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

FERNANDES, L.P; ULHOA, C.J; ASQUIERI, E.R; MONTEIRO, U.N. Produção de amilases pelo fungo *Macrophonina Phaseolina*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.4, n.1, p.43-51. 2007.

FERNANDES, A.F; PEREIRA, J; GERMANI, R; NETO, J.O.Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanun Tuberosum* Lineu). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28 (supl), p.55-65, dez. 2008.

FREITAS, M.C.J; TAVARES, D, de Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa AAA-Nanicão* e *Musa AAB-Terra*). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.217-222, abril/junho. 200

FIOVARANÇO, C.J. Mercado Mundial da Banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações econômicas**, v.33, n.10, outubro. 2003.

FRANCO, L.M.C; DAIUTO, R.E; DEMIATE, M.I. **Propriedades gerais do amido.** Fundação Cargil, volume 1, 2002.

GUBULIN, J. N.; FREIRE J. T. Secagem de pastas e similares em leite de jorro: Teste de secagem e estudos hidrodinâmicos globais em escala piloto. In: XVII Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos. **Anais**. São Carlos, v. 1, p. 203-213, 1989.

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

GONÇALVES, V.F.M. **Tratamento térmico dos amidos de batata doce (*Ipomoea batatas* L.) e de mandioca – salsa (*Arracaccia xanthorrhiza*) sob baixa umidade em microondas.** Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , São Paulo, 2007.

HARALAMPU, S. G. Resistant starch: a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydrates Polymers**, v.41, n.3, p.285-292, março. 2000.

HOFSETZ, K. **Obtenção de banana nanica (Musa acuminata colla subgrupo Cavendish) crocante a partir da secagem a alta temperatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

HUFENÜSSLER, M.; KACHAM, G. C. Secagem de purê de banana em um secador de leito com jorro. In: XII Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos. **Anais**. Maringá, v. II, p. 340-354, 1985.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados de previsão de safra (2009). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=z&z=t&o=10&=p>> Acesso em: 29 de fevereiro de 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados de previsão de safra (2007). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=z&z=t&o=10&=p>> Acesso em: 29 de agosto de 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados de quantidade produzida, valor de produção, área plantada e área colhida da lavoura permanente (2006). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=3&i=p>> Acesso em: 17 de setembro de 2008.

IZIDORO, R. D. **Influência da polpa de banana (Musa Cavendishii) verde no comportamento reológico, sensorial e físico químico de emulsão**. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

IZIDORO, D.R; JUNIOR, B.D; HAMINIUK, C.W.I; SIERAKOWSKI, M.R; FREITAS, R.J.S; SCHEER, A.P. Morfologia dos grânulos e comportamento reológico de géis de amido de banana verde (Musa cavendishii) e de milho (Zea mays). **Revista Agrotecnológica de Lavras**, v.31, n.5, p.1443 – 1448, set/out. 2007.

IUPAC. Internacional Union Pure Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid system. **Pure and Applied Chemistry**, v.57, n.04, p.603-619, 1985.

JAY, J.M; LOESSNER, M.J; GOLDEN, D.A. Modern Food Microbiology. New York: Springer, 790p, 2005.

JESUS, S.C; FOLEGATTI, M.I.S; MATSUURA, F.C.A.U; CARDOSO, R.L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Bragantia**, v.63, n.3, p. 315-323, dezembro. 2004.

LACERDA, L.G. **Uso de técnicas termoanalíticas na caracterização de hidrólise enzimática parcial de amidos de matérias primas tropicais.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Mato Grosso do Sul, 2006.

LAJOLO, M.F; MENEZES, W.E. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericanos.** São Paulo: USP, 2006.

LEACH, H.W. Structure of starch granule I – Swelling and solubility patters of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, p.534-544, 1959.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.03, p.579-588, jul/set. 2007.

LOBO, R.A; SILVA, L.M.G. Amido Resistente e suas propriedades físico – químicas. **Revista de Nutrição**. v.16, n.2, p.219 -226, abr/jun. 2003.

LIMA, C.C.A. **Análise experimental da secagem de feijão em leite fixo, leite de jorro e leite de jorro fluidizado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1995.

LIMA, B. G. A; NEBRA, A. S; QUEIROZ, R. M. Aspectos científico e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.2, n.1, p.87-101, 2000.

LIMA, M.P. **Análise da Fluidodinâmica e transferência de calor em leite de jorro com alimentação contínua de sólidos pela base.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2004.

LIMA, M.F.M; SANTOS, E.M.B. D; GASPARETTO; O.C.P; COSTA, F.A; ROLEMBERG, .M.P. Propriedades fluidodinâmicas de polpa de frutas. In: XXII Encontro sobre escoamento em meios porosos – ENEMP. **Anais**, Florianópolis, v.2. 1995.

LUCAS, V. **Obtenção de fatias de bananas desidratadas crocante através da pré secagem a altas temperaturas e curto tempo em leito fluidizado**. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, São Paulo, 1996.

LUSTOSA, B.H.B; LEONEL, M; MISCHAN, M.M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeitos das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e plásticas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n.2, 2009.

MARTIN, Z.J; TRAVAGGLINI, D.A; QUAST, M.O.D; HASHIZUME, T. **Frutas tropicais: Banana**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, v.3. 1988.

MATTHIESEN, L.M; BOTEON, M. Análise dos principais pólos produtores de banana no Brasil, 2002. Disponível em <http: www.cepea.esalq.usp.br/pdf/banana.pdf> Acesso em: 15 de outubro de 2008.

MALHEIROS, G.C. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenamento de erva mate tipo chimarrão**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: banana**. Porto Alegre: Cinco continentes, 1997.

MANICA, I. **Bananas: do plantio ao amadurecimento**. Porto Alegre: Cinco continentes, 1998.

MARRETO, N.R. **Estudo da técnica de leito de jorro convencional para secagem de microcápsulas de caseína e pectina**. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MEDEIROS, D.F.M. **Influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

MEDEIROS, V.P.Q; AZEVEDO; S.J.O; GONDIM, J.A.M; GURGEL, E.A.S; DANTAS, A.S. Determinação da composição centesimal e do teor de minerais da casca e polpa da banana Pavocan produzida no Estado do Rio Grande do Norte. **Anais: SBPC**, julho, 2005.

MIRANDA, G.J; OLIVEIRA, R.C. **Farinha de banana: uma forma de verticalizar a produção na agricultura familiar em projetos de assentamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia Agroindustrial) – Universidade do Estado do Pará, Pará, 2007.

MOREIRA, S.R. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1987.

MUNHOZ, C.L; ARGANDONA, E.J.S; JUNIOR, M.S.S. Características físicas e químicas das farinhas obtidas a partir de goiabas cv Pedro Sato. In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, Outubro. 2008. Disponível em: < http://www.200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/ProcessAgro/20080730_141913.pdf> Acesso em: 23 de março. 2010.

NASCIMENTO JÚNIOR, B.B; OZÓRIO, P.L; REZENDE, M.C; SOARES, G.A; FONSECA, O.J.M. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.649-658, julho/setembro. 2008.

NETO, J.M.M. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp*) obtida por meio de secagem natural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p. 316-318. 1998.

NETO, C.J.F; FIGUEIREDO, R.M.F; QUEIROZ, A.J.M. Avaliação sensorial da atividade de água de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Ciência Agrotécnica Lavras**, v.29, n.4, p. 795-802, jul/ago. 2005.

NOGUEIRA, R.L. **Processos de secagem de banana (*Musa acuminata* subgrupo Cavendish cultivar nanicão) parâmetros ótimos na obtenção de banana – passa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1991.

OLIVEIRA, D.M; PEREIRA, J; REIS, K.C. Produção de farinha de batata utilizando secagem ao sol. **Revista Brasileira Armaz**, v.31, n.2, p.125-135. 2006.

PASSOS, M. L; MASSARANI, G; FREIRE, J, T; MUJUNDAR, A.S. Drying of pastes in spouted beds of inert particles: design criteria and modeling. **Drying Technology**, v.15, n.2, p.605-624. 1997.

PEREIRA, M.C.A. **Efeitos das farinhas de polpa e de casca de banana e do fermentado de quefir nos níveis glicêmicos e lipidêmicos de ratos**. Tese (Doutorado em Ciências dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

PEREIRA, B.L.B; LEONEL, M. Propriedades de pasta de produtos derivados da mandioca. In: XIII Congresso Brasileiro de Mandioca: Inovações e Desafios. São Paulo, 2009.

Disponível em: <www.cerat.unesp.br/compendio/artigos.html> Acesso em 12 dezembro. 2009.

PEREIRA, J.M.A.T.K; MINIM, V.P.R; CHAVES, J.B.P. Avaliação sensorial e instrumental do esbranquiçamento superficial de mini-cenouras durante o armazenamento. **Revista Alimentação e Nutrição**, v.18, n.3, Jul/Set. 2007.

RANGEL, A; PENTEADO, C.A.L; TONET, M.R. **Cultura da Banana**. Boletim Técnico, Campinas, SP: CATI, 1998.

RÉ, M. I.; FREIRE J. T. Secagem de sangue animal em leite de jorro. In: XVII Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos, **Anais**. Campinas, 1986, v.1, p. 187-198.

RICKARD, J.E; ASAOKA, M; BLANSHARD, J.M.V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical science**, v.31, p.189 – 207. 1991.

RODRIGUES, A.M; TOBINAGA, S. Secagem de suspensão de protéica de peixe em leite de jorro: propriedades funcionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.3, n.1, p.31-36. 2001.

RODRIGUES, A. M. da C. **Secagem de pasta de peixe em leite de jorro**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

SALGADO, M. S; FARO, P. Z; LIVERA, S.V.A. Aspectos físico-químicos e fisiológicos do amido resistente. **Boletim Ceppa**, v.23, n.1, p.109-122, jan/jun. 2005.

SANTOS, J.F; LAJOLO, F.M; MENEZES, E.W. Potencial de fermentação colônica da fração não digerível da banana, 2001. Disponível em: <<http://www.usp.br/siicusp/Resumos/15Siicusp/5276.pdf>> Acesso em 12 abril. 2010.

SANTANA, C.A; AMIN, M.M. **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Unama, Belém – Pa, 2002.

SEBIO, L. **Efeitos de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (Dioscorea rofundata)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1996.

SILVA, M.H.L; SILVA, C.O. Caracterização Parcial de Amido de Banana nanicao (Musa sp, AAA Cavendish). **Revista Ceres**, v.2, n.303. 2005.

SILVA, A. E; SILVA, L.H.M; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Revista Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.28, n.04, out/dez. 2008.

SOUZA, F.M.F. Efeito da altura do leito de inerte. Campina Grande, Relatório interno, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 1992.

TEIXEIRA, M.A.V. **Amido resistente: estudo da estrutura, ocorrências e propriedades funcionais em amido de milho e banana.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, 1998.

TORRES, L.L.G; DASH, A.A.E; CARVALHO, C.W.P; ASCHERI, J.L.R; GERMANI, R; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim Ceppa**, v.23, n.02, p.273-290, jul/dez. 2005.

TRIBESS, T.B.; HERNANDEZ-URIBE, J.P.; MENDEZ-MONTEALVO, M.G.C.; MENEZES, E.W.; BELLO-PEREZ, L.A.; TADINI, C.C. Thermal properties and resistant-starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology**, v.42, p.1022-1025. 2009.

VANDEPUTTE, G.E; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v.58, n.1, p.245-266. 2004.

VANDEPUTTE, G.E; DELCOUR, J.A; VERMEYLEN, R; GEEROMS, J. Rice starches: structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. **Journal Cereal Science**, v.38, n.1. p. 61-68. 2003.

VIVIANE, L. **Avaliação da qualidade pós –colheita da banana Prata Anã associada a embalagens.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

WALTER, M. **Amido resistente: metodologias de quantificação e resposta biológica em ratos.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

WALTER, M; SILVA, P. L; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Revista Ciência Rural**, v.35, n. 4, p.974-980, jul/agost. 2005.

WATT, B; MERRILL, A.L. **Composition of food:** raw, processed, prepared. Washington, D.C: Consumer and food economics research division/Agriculture research service, 1963.

WRIGLEY, C.W; BOTHH, R.I; BASON, M. L; WALKER, C.E. Rapid Visco-Analyser: progress from concept to adoption. **Cereal Food World**, v.41, n.1, p.6 -11, janeiro. 1996

ZAVAREZE, E.R; RODRIGUES, A.O; STORCK, C.R; ASSIS, L.M; WALLY, A.P.S; DIAS, A.R.G. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Food Journal Techonology**, v. 2, janeiro. 2009.