



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LIGIANE MARQUES LOUREIRO

ELABORAÇÃO DE BASES ALIMENTÍCIAS PROTÉICAS
UTILIZANDO FARINHA DE BANANA VERDE

BELÉM

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LIGIANE MARQUES LOUREIRO

ELABORAÇÃO DE BASES ALIMENTÍCIAS PROTÉICAS
UTILIZANDO FARINHA DE BANANA VERDE

Dissertação de Mestrado 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 Ciências e Tecnologia de Alimentos.

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

Prof. Dr^ª. Alessandra Santos Lopes (Co-orientador)

BELÉM

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LIGIANE MARQUES LOUREIRO

ELABORAÇÃO DE BASES ALIMENTÍCIAS PROTÉICAS UTILIZANDO
FARINHA DE BANANA VERDE

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Dra. Luiza Helena Meller da Silva
(PPGCTA /ITEC/UFPA – Orientador)

Prof. Dra. Alessandra Santos Lopes
(PPGCTA/ITEC/UFPA– Co-orientador)

Prof^ª. Dr. Ana Vânia Carvalho
(CPATU/ EMBRAPA – Membro)

Prof^ª. Dra. Lúcia Lourenço
(PPGCTA /ITEC/UFPA – Membro)

A minha amada família e ao meu amor.

Essa vitória também é de vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me orientou, especialmente nos momentos de maior dificuldade em minha vida.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Luíza Helena Meller da Silva, por toda paciência e dedicação empreendidos a mim durante esses dois anos de árduo trabalho.

A minha co-orientadora Prof^a Dr^a Alessandra Santos Lopes, por toda a colaboração.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo financeiro destinado durante os vinte e quatro meses para realização desse projeto.

A minha banca avaliadora, agradeço por todas as contribuições que foram essenciais para finalização deste trabalho, em especial agradeço a Prof^a Dr^a Ana Vânia Carvalho.

Aos professores, colegas, técnicos de laboratório, que fiz no programa de mestrado Ciência e Tecnologia dos Alimentos da UFPA.

Aos amigos Elisabeth Moura, Francylla Nogueira, Ivonete Quaresma, Rogério Mignon e Paula Guimarães, por toda amizade, ajuda e por acreditarem que eu conseguiria chegar ao fim deste trabalho.

A minha querida mãe Lígia, que sempre será minha eterna inspiração, por todas as palavras de amor, incentivo e de extrema sabedoria.

A meu pai Almir, que sempre lutou para que eu pudesse ter as melhores oportunidades de crescer como pessoa e como profissional.

A minha irmã Lidiane, que mesmo não tão presente contribui com minha caminhada.

Aos demais familiares, especialmente meus tios Roberto e Rosália Rodrigues, Eulina e Maurício Marques por acreditarem e torcerem sempre por mim.

Ao Rodrigo Mendes por toda força, confiança, compreensão e amor.

A minha querida amiga Marcilene Rodrigues, por toda dedicação e amizade.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta me ajudaram a tornar mais este sonho realidade. Muito obrigada!

**“Os ideais que iluminaram o meu caminho
foram a bondade, a beleza e a verdade.”**

Albert Einstein

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da amilose (LEHNINGER, 2000).....	19
Figura 2. Fórmula estrutural da amilopectina (LEHNINGER, 2000).....	20
Figura 3. Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C (LAJOLO, 2006).....	21
Figura 4. Esquema representativo da gelatinização do amido (COLARES; MENEZES, 2007).....	24
Figura 5. Comportamento do amido frente ao aquecimento em excesso de água.....	26
Figura 6. Micrografia de varredura de grânulos de amido de banana verde (Cavendish): (a) temperatura ambiente; (b) 65°C; (c) 70°C; (d) 75°C; (e) 85°C; (f) 90°C.....	26
Figura 7. Efeito da temperatura sobre o índice de absorção e solubilidade em água de amidos de banana verde.....	27
Figura 8. Diagrama representativo da transição entre os estados vítreos e gomosos de um material amorfo.....	29
Figura 9. Os grupos terminais amino ($\alpha\text{-NH}_3^+$) e carboxil ($\alpha\text{-COOH}$) de aminoácidos sofrendo hidrólise.....	34
Figura 10. Higienização e branqueamento dos frutos verdes com casca.....	39
Figura 11. Rodelas de banana organizadas em bandejas antes e depois do processo de secagem.....	40
Figura 12. Diagrama de Cromaticidade.....	43
Figura 13. Análise granulométrica da farinha de banana verde.....	47
Figura 14. Micrografia em MEV de grânulos de amido <i>Musa</i> AAA-Nanicão.....	56
Figura 15. Micrografia em MEV de grânulos de proteína isolada da soja.....	58
Figura 16. Micrografia em MEV de grânulos de proteína do leite integral em pó.....	58
Figura 17. Micrografia em MEV da formulação A e formulação B.....	59
Figura 18. Diferença total de cor (ΔE) entre as formulações A e B e a farinha de banana verde.....	62
Figura 19. Isoterma de sorção da formulação com isolado protéico de soja (A).....	74
Figura 20. Isoterma de sorção da formulação com leite integral em pó (B).....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição físico-química aproximada da farinha de banana verde da variedade Terra sob diferentes tratamentos de secagem (DELAHAYE et al., 2008).....	32
Tabela 2. Composição da farinha de banana verde de Var. Terra (GARCIA, et al., 2006).....	32
Tabela 3. Proporções de cada ingrediente das formulações.....	42
Tabela 4. Modelos utilizados na predição das isotermas de sorção das formulações.....	45
Tabela 5. Caracterização físico-química da farinha de banana verde com casca.....	48
Tabela 6. Valores médios de pH, acidez total titulável, atividade de água (A_w) e sólidos solúveis totais (°Brix) da farinha de banana.....	53
Tabela 7. Valores médios de minerais na farinha de banana verde.....	54
Tabela 8. Parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*) das formulações com isolado protéico de soja.....	61
Tabela 9. Parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*) das formulações com leite integral em pó.....	62
Tabela 10. Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) das matérias- primas, padrão de referência (FAO, 1985).....	64
Tabela 11. Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) das formulação tipo A e B, padrão de referência (FAO, 1985).....	67
Tabela 12. IAA e ISA das formulações com isolado protéico de soja.....	68
Tabela 13. IAA e ISA das formulações com leite integral em pó.....	69
Tabela 14. Viscosidade das formulações A e B.....	71
Tabela 15. Dados de sorção para formulação A4.....	73
Tabela 16. Dados de sorção para formulação B4.....	74
Tabela 17. Isoterma A: Coeficientes de determinação (R^2) obtidos através dos ajustes.....	76
Tabela 18. Isoterma B: Coeficientes de determinação (R^2) obtidos através dos ajustes.....	76
Tabela 19. Isoterma A: Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.....	77
Tabela 20. Isoterma B: Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.....	77
Tabela 21. Parâmetros para os dados de sorção das formulações A4 e B4.....	77
Tabela 22. Avaliação microbiológica da farinha de banana com casca e das formulações.....	77

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO GERAL	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1 A BANANA.....	15
3.1.1 Aspectos Gerais	15
3.2 CULTIVAR NANICÃO (<i>Musa acuminata Cavendish L</i>).....	17
3.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA BANANA VERDE.....	17
3.4 AMIDO.....	18
3.4.1 Propriedades funcionais do Amido	22
3.4.1.1 Gelatinização.....	22
3.4.1.2 Poder de inchamento e solubilidade dos grânulos.....	25
3.4.1.3 Retrogradação.....	28
3.4.2 Amido resistente e os benefícios à saúde	29
3.5 PROCESSAMENTO DA BANANA VERDE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA.....	31
3.6 PROTEÍNAS ALIMENTARES	33
3.6.1 Isolado protéico de soja	34
3.6.2 Proteína do leite integral em pó	35
3.6.3 Propriedades funcionais tecnológicas	36
4 MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1 MATÉRIAS – PRIMAS.....	39
4.2 MÉTODOS.....	39
4.2.1 Obtenção da farinha de banana verde	39
4.2.2 Análise granulométrica da farinha de banana verde	40
4.2.3 Caracterização físico-química da farinha de banana verde	41
4.2.4 Composição de minerais da farinha de banana verde	41
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES.....	42
4.3.1 Análise morfológica das matérias-primas e das formulações	42

4.3.2	Análise colorimétrica da farinha de banana verde e das formulações.....	43
4.3.3	Perfil de aminoácidos das matérias-primas e das formulações.....	43
4.3.4	Propriedades funcionais tecnológicas das formulações.....	44
4.3.5	Viscosidade das formulações.....	44
4.3.6	Avaliação higroscópica das formulações.....	44
4.3.7	Análise microbiológica da farinha de banana verde e das formulações.....	46
4.3.8	Análise estatística dos dados.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE BANANA VERDE.....	47
5.1.1	Rendimento da farinha de banana verde.....	47
5.1.2	Análise granulométrica da farinha de banana verde.....	47
5.1.3	Caracterização físico-química da farinha de banana verde.....	48
5.1.4	Composição de minerais da farinha de banana verde.....	54
5.2	ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES.....	56
5.2.1	Análise morfológica das matérias-primas e das formulações.....	56
5.2.2	Análise colorimétrica da farinha de banana verde e das formulações.....	60
5.2.3	Perfil de aminoácidos das matérias-primas e das formulações.....	63
5.2.4	Propriedades funcionais tecnológicas das formulações.....	67
5.2.5	Viscosidade das formulações.....	67
5.2.6	Avaliação higroscópica das formulações.....	72
5.2.7	Análise microbiológica da farinha de banana verde e das formulações.....	77
6	CONCLUSÃO.....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

RESUMO

O crescente interesse por produtos alimentícios com fins especiais e a necessidade da indústria alimentícia de criar alternativas para o melhor aproveitamento integral de alguns frutos, têm incentivado a elaboração de muitos subprodutos. A farinha de banana verde é um desses produtos que vem sendo utilizada sozinha ou juntamente com outras matérias-primas, para elaboração ou enriquecimentos de diversos produtos (mingaus, bolos, biscoitos entre outros). Nesse estudo objetivou-se avaliar o efeito da adição de duas diferentes fontes protéicas (isolado protéico de soja e leite integral em pó) à farinha de banana verde, em suas propriedades funcionais tecnológicas (índice de absorção de água- IAA, índice de solubilidade em água- ISA, viscosidade e cor), características físico-químicas, morfológicas e perfil de aminoácidos. Observou-se que as formulações obtidas com a menor e a maior concentração de farinha de banana em sua composição, tanto nas formulações com isolado protéico de soja (A1 e A7) quanto com leite integral em pó (B1 e B7), se destacaram por agregarem as melhores características funcionais, sendo estas indicadas para elaboração de cereais matinais, alimentos infantis ou ingredientes para elaboração de outros alimentos. Ao final deste estudo, conclui-se que produtos elaborados ou enriquecidos com tais matérias-primas (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó) além de se destacarem sob ponto de vista nutricional poderão atender a crescente expectativa de consumidores que buscam cada vez mais produtos dietéticos.

Palavras chaves: banana verde; soja; leite integral; formulações; propriedades funcionais

ABSTRACT

The growing interest in food products with special purpose, beyond the need of the food industry to create better alternatives for the complete use of certain fruits, have encouraged the development of many products. The green banana flour is one such product that has been used alone or together with other raw materials for production or enrichment of various products (porridge, cakes, biscuits and more). This study aimed to evaluate the effect of adding two different protein sources (soy protein isolate and whole milk powder) to the green banana flour on its functional technology index (water absorption index-WAI index-WSI water solubility, viscosity and color), physico-chemical, morphological and amino acid profile. It was observed that the formulations obtained with lowest and the highest concentration of banana flour in its composition, both in formulations with soy protein isolate (A1 and A7) and with whole milk powder (B1, B7), stood out for aggregating the best functional characteristics, which are outlined for the preparation of breakfast cereals, infant foods or ingredients for preparation of other foods. On completion of this study, it is concluded that products made with enriched or such raw materials (green banana flour, soy protein isolate and whole milk powder) also stand out in terms of nutrition can meet the growing demands of consumers seeking increasingly dietary products.

Key words: green banana, soybean, whole milk; formulations; functional properties

1. INTRODUÇÃO

É notório e crescente o desenvolvimento de alimentos para fins especiais que objetivam combinar saúde e praticidade (SALGADO *et al.*, 2001). Muitos nutrientes encontrados nos alimentos são responsáveis por efeitos fisiológicos benéficos observados em indivíduos que os consomem (FREITAS e TAVARES, 2005; GARCIA *et al.*, 2006; CHAVES, 2009). Diversas evidências epidemiológicas estão continuamente recomendando o maior consumo de alimentos funcionais como medida preventiva para reduzir o risco de diversas doenças degenerativas no homem. Um exemplo disso é o consumo de alimentos saudáveis formulados a partir da farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó (MOTT, 1997; FOX e MCSWEENEY, 1998; BORGES, 2003).

A utilização da banana ainda no estágio verde constitui uma nova fonte de nutrientes (GOWEN, 1995) e vem sendo largamente utilizada como ingrediente com o objetivo de melhorar a fabricação e agregar características funcionais aos produtos alimentícios tais como solubilidade, viscosidade e poder de gelatinização (APLEVICZ e DEMIATE, 2007; CHAVES, 2009). Outros alimentos, com ampla aplicabilidade comercial em diferentes produtos são a soja e os seus derivados, dentre esses o isolado protéico de soja; e o leite integral em pó. A soja, uma oleaginosa de alto teor protéico, apresenta propriedades funcionais fisiológicas comprovadas pela Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO, 1990) e o leite bovino com seu inquestionável valor nutricional e sua importância no crescimento dos mamíferos representa ainda hoje um dos principais alimentos mundialmente consumidos (FOX e MCSWEENEY 1998).

Com o intuito de reunir alguns ingredientes com alegação de funcionalidade comprovada em um alimento, os quais poderão ser base para fabricação e enriquecimento de diversos produtos, objetivou-se a elaboração de formulações a partir da farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó.

2. OBJETIVO GERAL

- Estudar as propriedades funcionais tecnológicas de bases alimentícias elaboradas com diferentes fontes protéicas (isolado protéico de soja e leite integral em pó) adicionadas à farinha de banana verde.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter e caracterizar físico-quimicamente a farinha de banana verde da variedade Nanicão.
- Elaborar dois tipos de formulações alimentícias a partir da farinha de banana verde adicionada com isolado protéico de soja e leite integral em pó.
- Caracterizar por microscopia eletrônica de varredura as estruturas de amido e das proteínas presentes nas matérias- primas utilizadas para elaboração das formulações.
- Avaliar as propriedades funcionais tecnológicas: índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e viscosidade das formulações elaboradas.
- Caracterizar o perfil de aminoácidos das matérias-primas e das formulações elaboradas.
- Avaliar a qualidade microbiológica da farinha de banana verde e das formulações elaboradas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A BANANA

3.1.1 Aspectos Gerais

A banana é uma das frutas de maior importância na economia mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor do fruto, com 10% da produção total (EMBRAPA, 2005).

A bananeira é cultivada em todos os estados do Brasil, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior (FASOLIN *et al.*, 2007). O Pará destaca-se como o quinto maior produtor brasileiro de banana, com uma produção média de 537.900 toneladas da fruta, sendo São Paulo o maior produtor brasileiro, ficando com uma produção de 1.178.140 toneladas por ano (IBGE, 2008). Calcula-se que a área plantada no país seja cerca de 480.000 hectares (FASOLIN *et al.*, 2007), de forma que o fruto é ofertado no mercado interno em quantidade e qualidade o ano inteiro (FÁVARO, 2003; TORRES *et al.*, 2005).

A distribuição da produção mostra que a oferta mundial se concentra em reduzido grupo de países da Ásia e da América Latina. Aproximadamente 95,5% da produção nacional de bananas estão destinadas ao atendimento do mercado nacional e apenas 4,5% canalizada para a exportação. Grande parte desse percentual é destinada a países do Mercosul, especialmente Argentina (SANTANA e AMIN, 2002).

No Brasil 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). No Pará cinco municípios destacam-se em produtividade: Novo Repartimento, Ulianópolis, Rurópolis, Itupiranga e Anapu (IBGE, 2006).

As cultivares de banana mais difundidas no Brasil são as do grupo Prata (Prata, Pacovan e Prata-Anã), do grupo Nanica (Nanica ou Caturra, Nanicão e Grande Naine) e Maçã (FAVÁRO, 2003; AGRIANUAL, 2003). Hoje se aprecia muito a variedade Nanica, altamente susceptível ao mal da Sigatoka Negra e por esse motivo a variedade Nanicão vem gradativamente substituindo a Nanica por apresentar maior resistência e maior produtividade, além de possuir características sensoriais bastante semelhantes à Nanica.

A banana é um fruto climatérico de considerável importância sócio-econômica nos países tropicais e constitui uma boa fonte de calorias, vitaminas e minerais, além de apresentar baixo custo. Em função das suas agradáveis peculiaridades de aroma e sabor, pode ser consumida tanto na forma *in natura* como processada (EMBRAPA, 2005).

Praticamente toda a produção da fruta é consumida *in natura* e somente uma pequena parte é submetida a algum processamento industrial, visto que nos países e regiões menos desenvolvidas, a cultura da banana se destaca com papel de relevância social e econômica, atuando na fixação da mão-de-obra rural e servindo como fonte de renda para muitas famílias de agricultores, contribuindo assim para o desenvolvimento das regiões envolvidas na sua produção, além de ser um alimento complementar da dieta da população (ALMEIDA *et al.*, 2001; FIORAVANÇO, 2003; FASOLIN *et al.*, 2007).

O interesse em alimentos ricos em fibra dietética aumentou nas últimas décadas, e a importância deste componente conduziu ao desenvolvimento de um grande mercado de produtos e ingredientes enriquecidos com este nutriente, tornando a banana verde uma fonte alternativa para obtenção de tais produtos (GARCIA *et al.*, 2006).

A possibilidade da utilização da banana verde na indústria alimentícia é de praticamente 100%. A casca, rica em fibras, serve para preparação de quibes, cuscuz, pudins, mingaus de fibras, pastéis e sopas, além da polpa (biomassa) cuja aplicação em alimentos tem demonstrado extrema importância (ARRUDA, 2002; ARRUDA, *et al.*, 2008).

As farinhas apresentam ampla aplicabilidade na indústria de alimentos, principalmente em produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis. As frutas verdes são mais utilizadas para a obtenção da farinha do que as frutas maduras devido às possíveis reações de oxidação em que ocorre inversão de açúcares e caramelização, além de serem mais ricas em amido (BORGES, 2007).

Borges (2003) avaliou o potencial vitamínico de banana verde e produtos derivados e utilizou a polpa na produção de nhoque e pão. Nunez-Santiago *et al.* (2004), Zhang e Whistler (2002) investigaram as propriedades do amido de banana verde; Izidoro *et al.*

(2007) compararam as propriedades reológicas do amido de banana verde e de milho e Taipina *et al.* (2004) estudaram a aplicação da polpa de banana em suco de manga.

3.2 CULTIVAR NANICÃO (*Musa acuminata Cavendish L*)

Originária da Ásia, mais especificamente na Índia e conhecida na China desde a antiguidade, a banana espalhou-se para as Ilhas do Pacífico e a costa leste da África, de onde os povos a disseminaram por todo o continente (VALLE e CAMARGOS, 2003).

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 (MANICA, 1997).

O cultivar Nanicão é caracterizado como triplóide de *Musa acuminata* (AAA) do subgrupo Cavendish, que é um mutante do cultivar Nanica, surgido na baixada Santista há mais de 60 anos. Mutações ocorrem 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 (MOREIRA, 1987).

É uma planta de porte médio, com 2,29 a 3,3 metros de altura e produz cachos muito grandes que pesam de 23 a 45 kilogramas. Cada cacho possui de 8 a 15 pencas, tendo em cada uma de 12 a 31 frutos, cada fruto com peso variando de 95 a 260 gramas. Seu comprimento varia de 16 a 25 centímetros e seu diâmetro de 36 a 48 centímetros. Sua casca é de espessura média, de cor verde tendendo para a amarela quando começa a amadurecer soltando-se com facilidade quando o fruto está maduro. O sabor da polpa é muito agradável, com grande aceitação de seus frutos no mercado (MANICA, 1998).

3.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA BANANA

A banana além de constituir uma expressiva fonte de carboidratos é rica em minerais como potássio, sódio, fósforo, cloro, magnésio, enxofre, silício, cálcio e vitaminas A, B₁, B₂, C e niacina, que são essenciais para o bom funcionamento do organismo humano (ITAL, 1990; TAIPINA, 2004).

A composição da banana varia de acordo com a variedade e com as transformações químicas que ocorrem durante todo o processo de maturação, afetando os constituintes como amido, açúcares, ácido ascórbico e água (JESUS *et al.*, 2005).

Quando verde é caracterizada por uma forte adstringência, determinada pela presença de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos (GARCIA *et al.*, 2006). À medida que a banana amadurece, ocorre polimerização desses compostos, com conseqüente diminuição na adstringência, aumento na doçura e na acidez (MANICA, 1998).

O teor de amido resistente da banana verde é elevado, variando de 25 a 33% na farinha da polpa de diferentes cultivares (CORDENUNSI *et al.*, 1998). A presença desse amido na elaboração de produtos é de interesse tanto para a indústria de alimentos como para o consumidor. Pode ser utilizado na elaboração de produtos com reduzido teor de lipídios e /ou açúcares e como fonte de fibra alimentar (LAJOLO *et al.*, 2001).

3.4 AMIDO

O amido é o principal polissacarídeo de armazenamento dos vegetais e está presente nos tecidos sob forma de grânulos intracelulares, constituindo uma fonte de energia essencial para muitos organismos, especialmente para o homem. É constituído de grânulos insolúveis, com estrutura semicristalina, localizados nos cloroplastos das folhas verdes e nos amiloplastos (LAJOLO *et al.*, 2006).

Os grânulos de amido são compostos de polímero de α -D-glucanos e pequenas quantidades de constituintes não-polissacarídeos, particularmente lipídios e proteínas.

Em geral, o amido deve sua funcionalidade a seus dois componentes moleculares principais, a amilose e a amilopectina, assim como a organização física das macromoléculas na estrutura do grânulo (PÉREZ *et al.*, 2006).

A amilose é uma macromolécula linear que consiste de resíduos de α -D-glucopiranosídeos α -(1,4) unidos, com menos de 0,1% de ligações α -1,6 (ramificação) (Figura 1), com um grau de polimerização de algumas centenas de resíduos de glicose de 500 a 2000 unidades (JOLY, 1991).

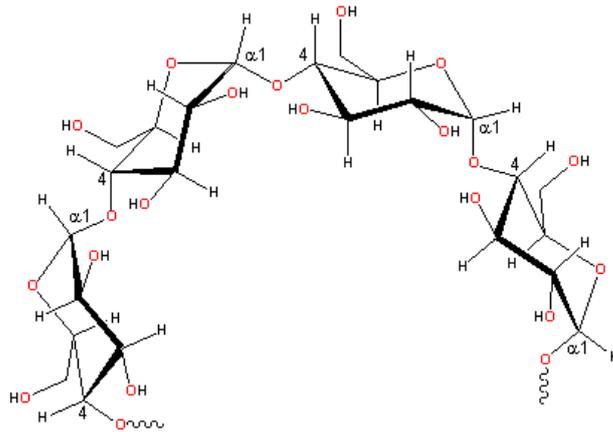


Figura 1. Estrutura da amilose.

FONTE: LEHNINGER (2000).

A percepção da amilose como uma molécula linear está fundamentada na conversão quantitativa da maltose por β -amilase, uma exoenzima que hidrolisa ligações α -1,4, visto que no caso da amilose, esta hidrólise é incompleta, sugerindo dessa forma a existência de pontos de ramificação. Apesar disso, o encontro desses pontos de ramificação é raro, considerando-se que o comportamento da molécula de amilose seja essencialmente o de um polímero linear (CORDENUNSI; PÉREZ *et al.*, 2006).

Muitas das propriedades do amido podem ser explicadas pela habilidade da amilose de adotar diferentes estruturas moleculares. Em soluções aquosas neutras, a estrutura normal é a de uma espiral (hélices), e em função dessa formação de hélices os filmes formados por ela são mais elásticos que aqueles formados por moléculas de celulose.

A amilose tem a capacidade de interagir com o iodo que produz um complexo de inclusão helicoidal, tendo aproximadamente seis moléculas de glicose por giro, no qual a molécula de iodo está na cavidade central helicoidal do polissacarídeo. Este complexo resulta numa coloração azul com uma absorção máxima em comprimentos de onda entre 620 e 680 nm (JOLY, 1991).

A amilose ainda pode formar complexos com os lipídios nas regiões superficiais do grânulo. Sabe-se que este tipo de complexo inibe a degradação do amido por enzimas como a fosforilase, α -amilase e β -amilase. Outros pesquisadores reportam que a amilose e

os lipídios coexistem independentemente dentro do grânulo e só formam complexos quando a gelatinização ocorre (PÉREZ *et al.*, 2006).

Baseado na quantidade de amilose, os amidos podem ser classificados em diferentes grupos, tais como: amidos cerosos, que contém pequena quantidade 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 (LAJOLO *et al.*, 2001).

A amilopectina é o componente ramificado do amido e é formada por cadeias de resíduos de α -D-glucopiranosídeos (entre 17 e 25 unidades) principalmente, unidos por ligações α -(1,6), nos pontos de ramificação. As ramificações consistem em um grande número de cadeias laterais lineares curtas, arranjadas em duplas hélices, formando cachos (*clusters*) em estruturas extremamente compactas, resultando em regiões cristalinas, conhecidas por sua resistência à hidrólise tanto ácida quanto enzimática (lamela cristalina) (CORDENUNSI, 2006).

A fórmula estrutural da amilopectina pode ser visualizada na Figura 2.

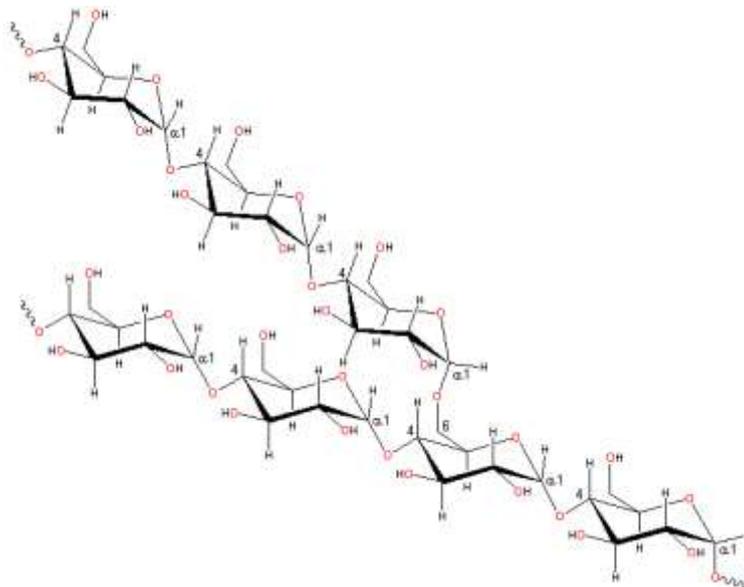


Figura 2. Fórmula estrutural da amilopectina.

FONTE: LEHNINGER (2000).

De acordo com característica estrutural da amilopectina, têm-se grânulos com estruturas cristalinas diferenciadas, sendo classificados como tipos A, B ou C (LAJOLO *et al.*, 2006).

A cadeia de 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 unido através de um grupo hidroxila primário. A cadeia C que é a única em uma molécula de amilopectina sendo composta por ligações α 1,4 e α 1,6, com grupamento terminal redutor (Figura 3) (LAJOLO *et al.*, 2006).

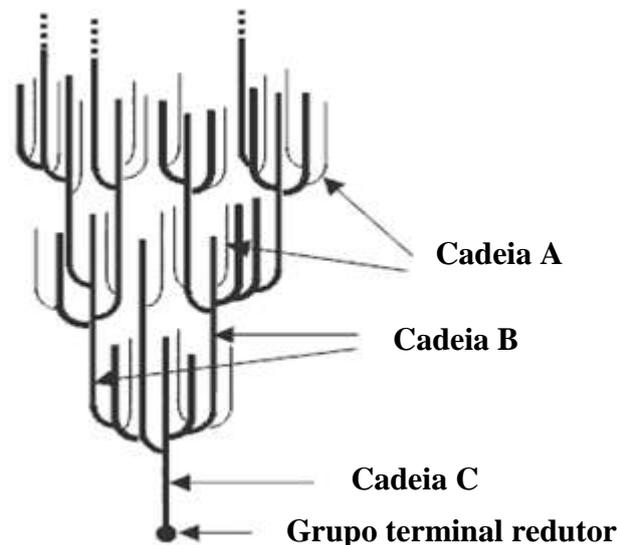


Figura 3. Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C.

FONTE: LAJOLO *et al.* (2006).

A cristalinidade 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 (LAJOLO *et al.*, 2006).

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. Essa estrutura contém 36 moléculas de água para cada 12 resíduos de glicose, sendo que a metade desta água é fortemente ligada às 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 (LAJOLO *et al.*, 2006).

3.4.1 Propriedades Funcionais do Amido

O grânulo de amido é constituído principalmente por longas cadeias de glicose interligadas e enroladas sobre si mesmas. Essas cadeias apresentam diferentes graus de hidratação e estão comprimidas 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, tais como gelatinização, solubilidade e retrogradação do grânulo (FRANCO *et al.*, 2002).

3.4.1.1 Gelatinização

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (>60%) causa uma transição irreversível denominada de gelatinização, podendo ocorrer na faixa de temperatura entre 50-70 °C (dependendo da variedade do amido e da sua origem) e pode ser caracterizada por uma endoterma obtida através de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), pela perda de birrefringência observada, usando-se microscopia de luz polarizada (perda da cruz de malta) e pelo desaparecimento da cristalinidade evidenciada (FRANCO *et al.*, 2002).

Em decorrência da baixa ordem de cristalinidade, 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 (LAJOLO *et al.*, 2006).

Observações microscópicas revelam que a desorganização pelo tratamento térmico de grânulos de amido envolve diversos estágios durante o aquecimento, onde cada grânulo apresenta sua cinética própria. Em condições de umidade intermediária 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, o que facilita o inchamento do mesmo (FRANCO *et al.*, 2002).

À medida que os grânulos continuam se expandindo, devido ao aumento de sua solubilidade em água, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema. O conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido são definidas como o fim da gelatinização (THARANATHAN, 2002; THEMEIER *et al.*, 2005).

Segundo Salgado *et al.* (2003), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxilas, o que causa um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo. Nessa condição de gelatinização as moléculas de amido vibram intensamente, quebrando-se as pontes de hidrogênio intermoleculares, permitindo assim que a água penetre, solubilizando as moléculas de amilose e amilopectina, induzindo a gradual perda da integridade granular com geração de uma pasta viscosa (Figura 4) (COLLARES e MENEZES, 2007).

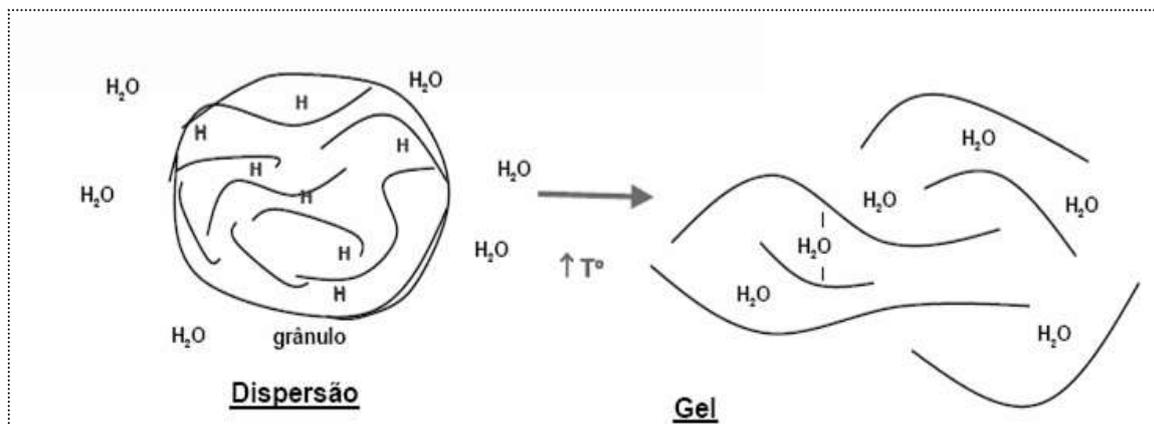


Figura 4. Esquema representativo da gelatinização do amido.

FONTE: COLLARES e MENEZES (2007).

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 contem 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 (LAJOLO *et al.*, 2006).

Existem muitos fatores que afetam essa temperatura de gelatinização, sendo o principal deles a presença de água. Isso ocorre porque a água atua como agente plastificante nos cristais de amido, além de exercer efeito na condução de energia. Com isso, sua presença diminuirá a temperatura de transição vítrea, diminuindo conseqüentemente, a temperatura de fusão (desorganização) dos cristais (ELIASSON, 1996) e aumentando a suscetibilidade do amido à digestão pelas amilases do trato gastrointestinal (BJÖRCK *et al.*, 1994).

Amidos que contém 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 (LAJOLO *et al.*, 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).

O amido da banana da variedade Nanicão, quando isolado, inicia o processo de gelatinização a uma temperatura de 70,3 °C apresenta um pico do processo em torno de 74,7 °C e termina a uma temperatura de 86,1 °C. Já o amido da banana da variedade Nanica inicia o processo de gelatinização a uma temperatura de 68,9 °C, com pico em torno de 73,4 °C, terminando à 83,6 °C. Para a banana Nanicão a temperatura a partir da qual a viscosidade apresenta um aumento significativo é de 51,8 °C e para a banana nanica é de 51,15 °C (TADINI e DITCHFIELD, 2006).

3.4.1.2 Poder de inchamento e solubilidade dos grânulos

Durante o aquecimento de uma suspensão de amido (presença de excesso de água), inicialmente ocorre o inchamento dos grânulos até uma temperatura que supere o limite de gelatinização (na qual ocorre o rompimento do grânulo), evidenciando quebra das pontes de hidrogênio, e conseqüentemente as moléculas de água se ligam aos grupos hidroxila liberados e os grânulos continuam se expandindo. O inchamento dos grânulos (Figura 5) e a concomitante solubilização da amilose e amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular (perda de associação dos polímeros do amido no grânulo nativo) com a geração de uma pasta viscosa, caracterizando uma elevada capacidade de ligação dos grânulos com água (SOUZA e ANDRADE, 2000; CEREDA, 2004).

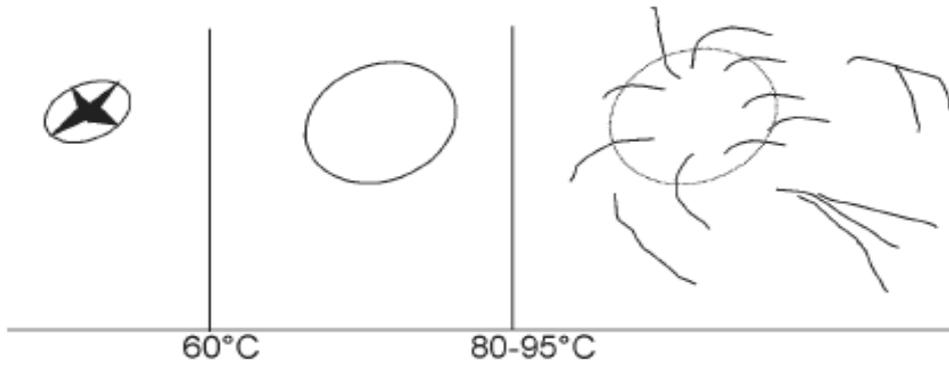


Figura 5. Comportamento do amido frente ao aquecimento em excesso de água.
 FONTE: CEREDA (2004).

A Microscopia Eletrônica de varredura (MEV) é usada para auxiliar na caracterização morfológica das estruturas que compõem algumas matérias primas, tais como o amido e neste caso em particular é uma ferramenta que auxilia na percepção das conseqüências acarretadas a estrutura do grânulo submetido a diferentes temperaturas (ZHANG *et al.*, 2005).

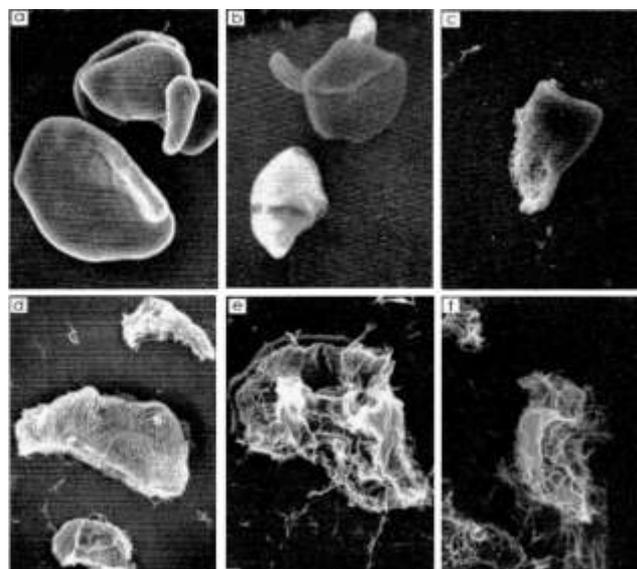


Figura 6. Micrografia de varredura de grânulos de amido de banana verde (Cavendish): (a) temperatura ambiente; (b) 65°C; (c) 70°C; (d) 75°C; (e) 85°C; (f) 90°C.
 FONTE: ZHANG *et al.* (2005).

A uma temperatura ambiente (Figura 6a) sua estrutura permanece intacta, bem definida e altamente organizada. O grânulo nessa condição é praticamente insolúvel em água. Quando a temperatura aplicada supera a temperatura limite do grânulo (temperatura

de gelatinização) a estrutura é totalmente rompida (Figura 6e), as pontes de hidrogênio são quebradas, permitindo que as moléculas de água entrem e se liguem aos grupos hidroxilas liberados. A viscosidade é máxima até atingir a temperatura de gelatinização, após, a fragmentação é abrupta com diminuição da viscosidade (FREITAS e TAVARES, 2005; FRANCO *et al.*, 2002).

Verifica-se, também, o aumento progressivo dos índices de solubilidade e de absorção em água dos grânulos de amido com o aumento progressivo de temperatura (Figura 7). O aumento da solubilidade com a gelatinização é a base para a confecção de alimentos amiláceos pré-preparados (SILVA *et al.*, 2005).

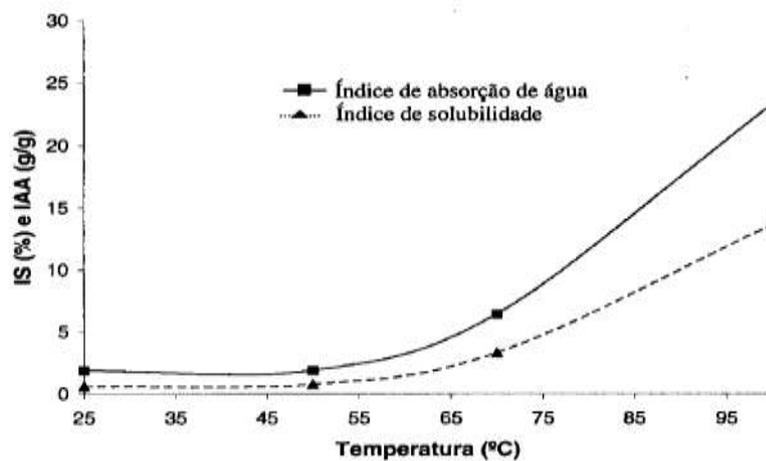


Figura 7. Efeito da temperatura sobre o índice de absorção e solubilidade em água de amidos de banana verde.

FONTE: SILVIA *et al.* (2005).

Um fator importante para definir os futuros usos industriais do amido em alimentos é a sua relação com a água, a temperatura e a formação de gel. Grânulos de amidos nativos são insolúveis em água abaixo de sua temperatura de empastamento. Baixas temperaturas de empastamento representam um potencial favorável para alimentos de preparo instantâneo como macarrões, sopas e sobremesas como pudins (SOUZA e ANDRADE, 2000; CEREDA *et al.*, 2004).

3.4.1.3 Retrogradação

Quando a pasta de amido é deixada em repouso, sem agitação antes ou depois de esfriar, a tendência é que se estabeleçam ligações intermoleculares, formando um gel. As regiões de tais ligações nos géis aumentam em número durante o período de repouso tornando a rede mais firme e compacta, em diferentes graus, segundo o número, tamanho e distribuição nas regiões miscelares. Esse processo de reorganização das moléculas de amido é chamado de retrogradação, visto que o fenômeno de transição vítrea tem influência importante sobre o mesmo. Sob condições favoráveis, essas estruturas ordenadas podem desenvolver formas cristalinas (SOARES, 2003; CEREDA *et al.*, 2004; LEITE *et al.*, 2005).

A transição vítrea (T_G) se refere ao intervalo de temperatura em que o material polimérico muda de um estado rígido para um estado mais flexível. Abaixo da faixa de transição há relativamente pouca movimentação molecular e os segmentos de cadeia se apresentam como se estivessem congelados, sendo capazes ainda de vibrar nestas posições fixas, mas com poucas chances de rearranjos (LEITE *et al.*, 2005).

A transição vítrea varia com a composição dos alimentos, principalmente com a concentração de água. Sendo assim o conhecimento do seu comportamento em função da umidade dos alimentos torna-se essencial para a determinação das melhores condições de processamento e armazenamento dos alimentos (FENNEMA, 1996; FELLOWS, 2000; LEITE *et al.*, 2005).

Uma série de fatores influencia a transição vítrea, dentre eles pode-se destacar: grau de cristalinidade, grau de reticulação, peso molecular, tempo de armazenamento abaixo da T_G , polarização molecular, plastificantes, misturas, modificações químicas e etc (MUIR *et al.*, 1995; MUIR *et al.*, 2005).

Na Figura 8 pode-se visualizar, através de um diagrama representativo, a transição entre o estado vítreo e gomoso de um material amorfo. Em amidos, a transição vítrea ocorre entre a sua cocção e resfriamento.

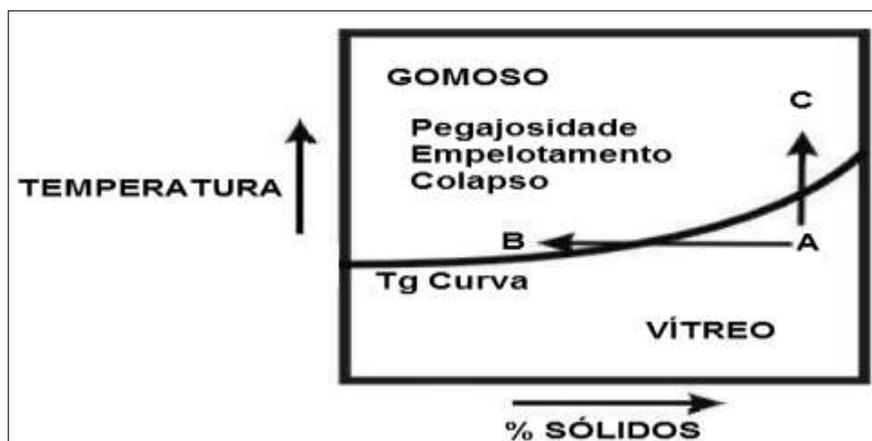


Figura 8. Diagrama representativo da transição entre os estados vítreos e gomosos de um material amorfo.

FONTE: LEITE *et al.* (2005).

3.4.2 Amido resistente e os benefícios à saúde

O amido é digerível pelas enzimas no trato gastrointestinal e absorvido na forma de glicose no intestino delgado, porém o conceito de amidos totalmente hidrolisáveis por amilases foi modificado, visto que uma fração de amidos de diversas origens resiste à digestão enzimática no intestino delgado e alcançam o intestino grosso onde serão parcialmente hidrolisados por bactérias: essa fração é denominada de amido resistente (FREITAS e TAVARES, 2005; ELIASSON, 2006). Este amido pode ocorrer por várias razões, como a origem biológica, a estrutura química, aquecimento e resfriamento do alimento, modificação química, mastigação, entre outras. Tem sido identificado como o principal substrato para a microflora intestinal humana e parece ter uma participação no organismo semelhante à da fibra alimentar (CUMMINGS *et al.*, 1992; CUMMINGS *et al.*, 1996; CARSON, 1998; HARALAMPU, 2000).

O amido resistente (AR) é constituído por quatro tipos de amido: o tipo AR-1, representa o grânulo de amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas, pertencendo a este grupo grãos inteiros ou parcialmente moídos de cereais, leguminosas e outros materiais contendo amido nos quais o tamanho ou a sua composição impede ou retarda a ação das enzimas digestivas; o tipo AR-2, refere-se aos grânulos de amido nativo, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido às características intrínsecas da

estrutura cristalina dos seus grânulos; está presente na batata crua e banana verde; o tipo AR-3 consiste em polímeros de amido retrogradado (principalmente de amilose), produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização (LOBO *et al.*, 2003); e o tipo AR-4, amido quimicamente modificado, incluindo ésteres de amido bem como “amidos de ligação cruzada”.

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 flora intestinal humana, razão pela qual é considerado um prebiótico (ANDERSON e AKANJI, 1992). 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 eliminados 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 *et al.*, 2005).

O pH ácido, originado a partir da fermentação, favorece a vasodilatação e aumenta a absorção de água e sais, melhorando a sintomatologia de indivíduos que possuem diarreias. Esse ácido leva a um aumento da contração muscular do cólon, acelerando o peristaltismo intestinal e reduzindo a constipação. Outro efeito envolve a inibição da síntese de colesterol nos hepatócitos, diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares (BROUNS *et al.*, 2002).

O conteúdo de amido resistente na dieta influencia também no aproveitamento energético do alimento (LIVESEY, 1990).

A aplicação do amido resistente da banana verde na elaboração de produtos é de interesse, tanto para indústria de alimentos, como para o consumidor (YUE e WARING, 1998; LAJOLO *et al.*, 2001). O amido pode ser empregado como complemento na formulação de produtos com reduzido teor de lipídios e/ou açúcares. Ao mesmo tempo, possui propriedades funcionais específicas, particularmente sua reduzida capacidade de

absorver água (ao contrário da fibra solúvel), o que permite que este ingrediente funcional seja empregado sem grandes modificações e ajustes na formulação de produtos e sua coloração branca, tamanho pequeno de partículas e sabor brando possibilitam a formulação de produtos com maior palatabilidade que os elaborados com fibra alimentar.

3.5 PROCESSAMENTO DA BANANA VERDE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA

A produção de farinha quando o fruto está com grau de maturação verde, é uma das novas estratégias econômicas consideradas para o uso da banana, visto que alguns estudos sugerem o seu consumo, devido aos efeitos benéficos à saúde, em função principalmente do seu alto teor em amido resistente (MARTINS, 2000; AMBRIZ *et al.*, 2008).

A farinha de banana é o produto obtido a partir da secagem natural ou artificial da banana verde ou semi-madura, fatiada ou desestruturada (purê), seguida de moagem em moinho de martelos, acondicionamento e armazenamento (IZIDORO, 2007). É uma das formas encontradas para preservação das bananas, servindo como ingrediente na elaboração de novos produtos como biscoitos, mingaus, sorvetes, pães, bolo, misturas com cacau, produtos dietéticos, dentre outros (CAMPOS e 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, no caso os pacientes celíacos (MIRANDA e OLIVEIRA, 2007).

A farinha de banana verde é fornecida geralmente para alimentação infantil como fonte energética e de excelentes propriedades medicinais, principalmente no caso de infecções gastrointestinais (MARTIN *et al.*, 1988). Segundo Campos e Veras (2008) a farinha de banana verde da Variedade Nanicão com casca apresenta em média, para cada 100g de produto, 7,72% de umidade, 4,07g de proteínas, 1,36g de lipídios, 73,01g de amido e 13,44g de fibras.

A composição físico-química da farinha de banana verde da Variedade Terra (*Musa paradisiaca* L.), submetida a diferentes métodos de secagem de acordo com trabalho realizado por Delahaye *et al.* (2008) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição físico-química aproximada da farinha de banana verde da Var.Terra sob diferentes tratamentos de secagem.

Parâmetros (%)	Métodos de Secagem			
	Liofilização	Tambor	Microondas	Estufa
Umidade	2,36	5,46	6,73	11,75
Cinzas	1,98	2,19	1,95	2,02
Lipídeos	0,83	0,5	0,17	0,31
Proteínas	2,92	3,30	3,12	3,08
Fibra dietética	9,67	9,01	9,43	9,37
Amido	74,67	63,50	64,52	74,30
Açúcar redutor	1,37	1,74	1,65	1,27
Açúcar total	6,98	15,78	14,95	4,23
Amilose	38,29	35,84	34,29	33,26
Amilopectina	61,71	64,16	65,71	66,74

Nota: valores em % Base seca exceto umidade e utilizou-se 6,25 como fator de conversão para proteínas.

FONTE: DELAHAYE *et al.* (2008).

Garcia *et al.* (2006) utilizaram banana verde da Variedade Terra para produzir farinha de banana verde com intuito de utilizá-la na elaboração de pão para avaliar a sua composição e digestibilidade. Os dados da composição físico-química da farinha estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição da farinha de banana verde de Var. Terra.

Parâmetros	Valores
Umidade	7,1
Cinzas	4,7
Lipídeos	2,7
Proteínas	3,3
Fibra dietética	14,5
Amido total	73,4
Amido digerível	56,3
Amido resistente	17,5

Nota: valores em % Base seca exceto umidade, e utilizou-se 5,85 como fator de conversão para proteínas.

FONTE: GARCIA *et al.* (2006).

Um ponto muito importante na produção de farinha de banana é a questão de seu aspecto sensorial no que tange a percepção visual, pois a banana, em particular, apresenta-se como um desafio, uma vez que sofre um escurecimento rápido quando exposta ao oxigênio, decorrente da ação de duas enzimas, a peroxidase e a polifenoloxidase. Dependendo do processamento, é retirada ou não a casca, e as fatias são submetidas a tratamento enzimático para inativação das polifenoloxidasas (CAMPOS e VERAS, 2008).

Diferente da inativação por processo térmico, a utilização de soluções antioxidantes evitam ainda com que ocorra a degradação do pigmento antocianina (presente em menor quantidade), que causa o aparecimento de uma coloração rosa no purê, quando a fruta é submetida ao aquecimento. Processamento muito prolongado em tempo e temperatura pode causar alta degradação deste pigmento, causando uma acentuada mudança de coloração no produto, passando do amarelo natural da banana, para rosa e eventualmente marron (TADINI e DITCHFIELD, 2006).

O rendimento da farinha depende do cultivar e da técnica utilizada, de modo geral, têm-se, para 100 kg de banana, 50 kg de polpa utilizada, que após a secagem resultará em 10 a 11 kg de farinha, com 6 a 8 % de umidade (TORREZAN, 1999). Sua qualidade dependerá de vários fatores, como: qualidade da matéria-prima, método de secagem, procedimentos de Boas Práticas de Fabricação e tempo de estocagem (OLIVEIRA *et al.*, 1999; BORGES, 2007). A secagem da banana é a etapa que exige maior controle durante o processo de fabricação da farinha, pois pode afetar não só a preservação, mas também a qualidade do produto (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

3.6 PROTEÍNAS ALIMENTARES

As proteínas são macromoléculas constituídas por longas cadeias polipeptídicas. Essas cadeias são formadas por estruturas chamadas aminoácidos ligados entre si através de ligações peptídicas (Figura 9). A hidrólise das proteínas produz aminoácidos, que podem ser classificados como polares (-COOH) e apolares (-NH₃⁺). Existem vinte aminoácidos conhecidos na natureza e esses podem ser classificados nutricionalmente em dois grupos: essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles cujos esqueletos carbonos não podem ser sintetizados pelo organismo, necessitando ser obtido pela dieta. Enquanto que os aminoácidos não essenciais podem ser sintetizados no

organismo a partir do metabolismo intermediário de outras proteínas (LEHNINGER, 2000).

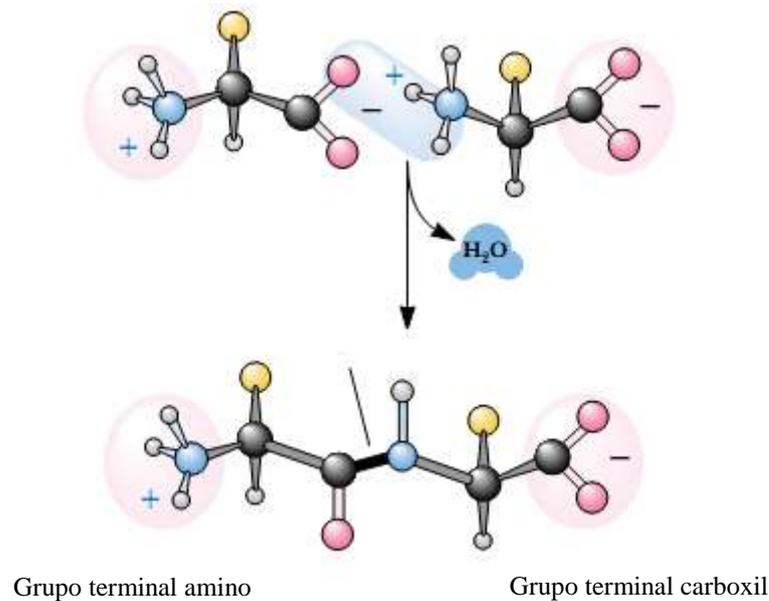


Figura 9. Os grupos terminais amino ($\alpha\text{-NH}_3^+$) e carboxil ($\alpha\text{-COOH}$) de aminoácidos sofrendo hidrólise

FONTE: LEHNINGER (2000).

As proteínas alimentares têm como principal função nutrir o organismo, fornecendo os aminoácidos considerados essenciais ao bom funcionamento do mesmo. Fontes alimentares como a soja e o leite são de importância para alimentação e para indústria por representarem excelentes fontes dessas proteínas com alto valor nutritivo (HENG *et al.*, 2004). O aproveitamento tecnológico das características protéicas pertencentes a esses alimentos tem alavancado o setor de processamento de alimentos que tem como foco o desenvolvimento de produtos funcionais que agreguem combinações de ingredientes, que apresentem fácil digestão e padrões protéicos de alta qualidade biológica (DUTRA-DE-OLIVEIRA e MARCHINI; RODRIGUES; WILLIAMS, 2003).

3.6.1 Isolado Protéico de Soja

A proteína isolada de soja é obtida após maceração e extração do óleo da soja, quando então a proteína é solubilizada em água e precipitada da solução, separada e seca. A definição de proteína isolada de soja pela Associação Americana de Controle Alimentar (AAFCO) afirma que a proteína isolada de soja é a maior fração protéica do grão de soja

preparada através da remoção dos componentes não protéicos do grão e não deve conter menos de 90% de proteína em uma base livre de umidade (RAMOS e BORA, 2004).

Além de ser uma proteína de alta qualidade biológica, conforme a avaliação do Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, diversos estudos já mostraram os benefícios da soja no tratamento e/ou regressão de diversas patologias tais como: doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose, alívio dos sintomas da menopausa, melhora do controle glicêmico e diminuição da resistência à insulina, redução da proteinúria e melhora da função renal (FAO, 1990). Além disso, as fórmulas a base de proteína de soja são a única terapêutica comprovada para o tratamento de alergia às proteínas do leite de vaca e nas intolerâncias (MARCHINI *et al.*, 1994). É recomendável para diabéticos, na prevenção e tratamento da aterosclerose, em função, principalmente, da ausência de colesterol, do nível elevado de ácidos graxos poliinsaturados e de algumas características de sua proteína (WAITZBERG, 2004).

É um ingrediente bastante utilizado no enriquecimento do valor nutricional ou melhoria das características sensoriais de produtos com finalidade dietética principalmente. Produtos contendo proteína de soja ganham espaço no mercado e são produzidos na forma de farinha, texturizados, isolados, substitutos de produtos lácteos, cárneos e panificação. Suas proteínas também são utilizadas em alimentos como ingredientes funcionais e nutricionais como substituto da proteína animal (SOUZA, 2006).

3.6.2 Proteína do leite integral

Estudos recentes mostram que o consumo de lácteos por parte da população está abaixo da recomendação (IBGE, 2006) e que quase 100% dos brasileiros ingerem cálcio e vitamina D em quantidades inadequadas (PINHEIRO *et al.*, 2008).

Desta maneira, alimentos fortificados cumprem importante papel na alimentação como uma alternativa de aumentar a ingestão de cálcio e outros nutrientes (MIRET-CATALAN, 2008).

Segundo Araújo (1994), o leite é considerado um alimento nutritivo e de sabor agradável, que quando adicionado a misturas semi-prontas, realça as características

sensoriais. É também um ingrediente de enriquecimento das massas devido ao seu conteúdo de proteínas, vitaminas, sais minerais, açúcares (lactose) e gorduras.

O leite de vaca tem aproximadamente 3,5% de proteína sendo 2,9% caseína e 0,6% proteínas do soro. A caseína pode ser definida, de maneira simplificada, como a proteína precipitada por acidificação de leite a um pH 4,6, a 20°C. Quando a caseína é removida do leite desnatado, o líquido remanescente recebe nome de soro de leite, e as proteínas aí contidas, proteínas do soro. Cada uma destas frações apresenta características específicas em termos de composição, valor nutricional e propriedades funcionais (SGARBIERI, 1996).

As caseínas são um grupo de fosfoproteínas, com características hidrofóbicas, carga relativamente alta e contêm vários resíduos de prolina e poucos de cisteína (PALAZOLO *et al.*, 2000). As proteínas do soro são bastante heterogêneas. As principais proteínas são a β -lactoglobulina e α -lactoalbumina que representam 70-80% do total, mas também são encontradas a soroalbumina, imunoglobulinas, proteose-peptona, lactoferrina, transferrina e enzimas (SGARBIERI, 1996). A β -lactoglobulina é uma proteína globular e corresponde a 50% das proteínas do soro, e sua estrutura e propriedades de agregação dependem do pH (PITTIA *et al.*, 1996). A α -lactoalbumina corresponde a 20% das proteínas do soro, trata-se de uma proteína globular bastante compacta e que se associa de várias formas dependendo das condições do meio (PALAZOLO *et al.*, 2000).

A produção de alimentos manufaturados criou uma demanda crescente para proteínas *food-grade* purificadas geralmente chamadas de proteínas funcionais. O leite é fonte de pelo menos sete proteínas com funcionalidades significativamente diferentes: caseína ácida, caseína obtida por coalho (*rennet casein*), caseinatos, co-precipitados de caseínas e proteínas do soro, concentrados e isolados protéicos de soro e lactoalbumina (MULVIHILL e FOX, 1983).

3.6.3 Propriedades Funcionais Tecnológicas das Proteínas

O termo ‘propriedade funcional de proteínas’ refere-se àquelas propriedades físico-químicas de uma proteína que afetam a funcionalidade do alimento, isto é, sua textura (reologia), cor, aroma, absorção/ligação de água e estabilidade. Provavelmente as

propriedades funcionais mais importantes são solubilidade, hidratação, reologia, atividade de superfície e geleificação (FOX e MCSWEENEY, 1998).

A funcionalidade das proteínas é definida pelas propriedades físicas e químicas que afetam o seu comportamento no alimento durante o processamento, o armazenamento e a preparação. Tais propriedades funcionais são determinadas pelos atributos finais de qualidade do produto e baseiam-se nas diversas características agregadas a uma proteína hidratada e o quanto essa modificação auxilia num sistema alimentar e/ou produto alimentício (DUTRA-DE-OLIVEIRA e MARCHINI; WILLIAMS, 2003; ARAÚJO, 2004).

Dentre as propriedades funcionais, algumas, especificamente, merecem destaque pela sua maior aplicabilidade na indústria de alimentos, como a solubilidade que, é uma propriedade físico-química de grande importância das proteínas, pois dela derivam diretamente outras propriedades como a capacidade de formar géis, estabilizar emulsões, formar espumas, e estas por sua vez atuam em outras propriedades funcionais. A solubilidade tem sua importância pautada na formação de sistemas multicomponentes, elaboração de isolados protéicos, fracionamento de proteínas, purificação, entre outros (SGARBIERI, 1996; CÂNDIDO, 1998; RAMOS e BORA, 2004).

A quantificação das propriedades de solubilidade de uma proteína pode ser determinada pela aplicação de diferentes métodos, tais como o teor de nitrogênio solúvel em água, o índice de solubilidade, teor de proteína solúvel em água, índice de solubilidade em nitrogênio, índice de dispersibilidade da proteína, etc (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE 2000; RAMOS e BORA, 2004).

Muitos fatores podem alterar essas características de funcionalidade protéica, dentre eles, a própria concentração protéica no alimento e/ou matéria-prima, seu pH, a temperatura, o tempo, as forças iônicas, a presença de outros componentes que podem alterar as forças que interagem entre as ligações proteína-proteína e proteína-água. Essas interações mantêm o equilíbrio das forças que determinam as propriedades funcionais das proteínas (SGARBIERI, 1996).

A capacidade de absorção e retenção de água, também é uma propriedade funcional bastante utilizada na indústria de alimentos, fazendo parte das propriedades hidrofílicas das proteínas, e reflete a capacidade de absorver água dos ingredientes protéicos, participando diretamente da elaboração de produtos que requerem uma textura bem particular. Como padrão de qualidade do produto, a água absorvida leva a uma expansão do material, agregando-lhe propriedades de viscosidade, aderência, espessamento, consistência (SGARBIERI, 1996).

A determinação da capacidade de emulsificação de uma proteína ou alimento protéico é baseada na capacidade da suspensão de formar uma mistura homogênea e estável com a água e o óleo. A capacidade máxima de emulsificação de uma mistura é verificada pela quebra visível da emulsão, deixando notória a separação das duas fases (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS e BORA, 2004).

Pesquisas como as de Costa (2000); Freitas e Moretti (2005); Freitas (2005); Coelho (2006) tem demonstrado que misturas de composições vegetais, como de cereais, frutas, leguminosas e oleaginosas, entre outros, também resultam em misturas protéicas de alto valor biológico. Tais estudos vêm sendo utilizados para o desenvolvimento da indústria alimentícia, na elaboração de produtos enriquecidos, misturas em formulações, concentrados e isolados protéicos, entre outros, além da busca de novas fontes protéicas em estudo, como a soja, o milho e o amendoim. Nessas pesquisas há grande enfoque no estudo de proteínas vegetais, com base na comparação de suas proteínas e seus aminoácidos; visando a determinação em equivalência dessas proteínas com o padrão de maior valor biológico, como as proteínas do ovo, do leite e da carne.

As composições protéicas dos diferentes grupos de alimentos vegetais, como a soja, e animais, como o leite, e principalmente sua composição aminoacídica, quantidade total de nitrogênio e a digestibilidade da mistura protéica, devem ser consideradas nas aplicações da indústria alimentícia, pois quantidades adequadas de aminoácidos essenciais, de nitrogênio total, além de boa digestibilidade protéica caracterizam uma mistura de boa qualidade ou de alto valor biológico (MARCHINI *et al.*, 1994; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIAS – PRIMAS

Os frutos de banana verdes foram adquiridos no galpão da Fruteira Silva – Centrais de Abastecimento do Estado do Pará - CEASA, localizada em Belém – PA. Os ingredientes protéicos adicionais usados nas formulações foram o isolado protéico de soja, marca Supro® 783 (The Solae Company) e o leite integral em pó, marca Nestlé®, adquiridos em empresas do comércio de São Paulo.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção da farinha de banana verde

As bananas com casca selecionadas para o estudo estavam no estágio 2 de maturação, sendo esta classificação baseada na escala de °Brix proposta por Ditchfield e Tadini (2002). Os frutos possuíam tamanhos variando de 13 a 17 cm de comprimento, sem defeitos e/ou ferimentos. Foram pesadas 422 bananas com casca, equivalente a 66,420 kg de bananas, sendo estas lavadas em água corrente e imersas em água com solução de hipoclorito de sódio a 80 ppm, por um período de 30 minutos. Após o processo de higienização, as bananas foram cortadas com faca de aço inox, em rodela de aproximadamente 1 cm de espessura e submetidas a um pré-tratamento de inativação enzimática (branqueamento), sendo imersas por 20 minutos em solução de ácido cítrico com concentração de 0,8% (Figura 10).



Figura 10. Higienização e branqueamento dos frutos verdes com casca.

Após a etapa de branqueamento as rodelaas foram colocadas em recipiente perfurado (peneira) para drenagem do excesso de água. Em seguida, foram organizadas e distribuídas em bandejas (área de 1m²) de estufa de circulação de ar (marca FABBE modelo 170), que foram previamente recobertas com folhas de papel alumínio (Figura 11).



Figura 11. Rodelaas de banana organizadas em bandejas antes e depois do processo de secagem.

As condições de secagem aplicadas nesse processo basearam-se no trabalho desenvolvido por Campos e Vera (2008). Neste estudo o processo de secagem foi realizado em leito fixo, usando uma estufa de circulação de ar, a temperatura de 55°C, até umidade final de aproximadamente 7%. As amostras desidratadas foram trituradas em moinho de martelo tipo *Willye* (marca TECNAL modelo TE650).

A farinha obtida foi armazenada a vácuo, em sacos de polietileno de 500 g, dentro de caixas de isopor, até o momento da realização das análises e elaboração das formulações alimentícias.

4.2.2 Análise granulométrica da farinha de banana verde

A distribuição granulométrica da farinha de banana verde obtida foi determinada de acordo com o método 965.22 da AOAC (1997), utilizando-se um conjunto de peneiras (20, 32, 35, 60 e 100 mesh). Cem gramas de amostra foram submetidas à vibração por um período de cinco minutos em um agitador de peneiras. Após este período, foi realizada a pesagem individual de cada peneira com o respectivo material retido. Através da pesagem foi possível a determinação da porcentagem de material retido em cada peneira.

4.2.3 Caracterização físico-química da farinha de banana verde

A farinha de banana verde foi caracterizada realizando-se as seguintes análises:

- Umidade, segundo método oficial AOAC (1997), n° 925.10, em estufa com circulação de ar da marca Quimis na temperatura de 105°C, até peso constante;
- Acidez titulável determinada segundo AOAC 942.15 (1995);
- pH, determinado utilizando-se um potenciômetro da marca Hanna Instruments, modelo HI9321, segundo método n° 981.12 da AOAC (1997);
- Fibras totais, solúveis e insolúveis, segundo método oficial da AOAC (1997);
- Proteínas totais, segundo AOAC 920.152 (1995) (Kjeldahl), usando o fator 6,25;
- Lipídios, por extração com éter de petróleo em extrator tipo Soxhlet; método 31.4.02, da AOAC (1997);
- Cinzas, em forno mufla a 550°C, segundo AOAC 940.26 (1995);
- Amido, pelo método da digestão ácida em microondas, segundo Cereda *et al.*, (2004);
- Atividade de água (a_w), em Termohigrômetro digital AquaLab Series 3TE da DECAGON;
- Sólidos solúveis totais (°Brix): leitura direta em refratômetro de bancada com correção da temperatura (20°C);
- Carboidratos totais, por diferença, segundo Resolução RDC n° 360, de 23 de Dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

4.2.4 Composição de minerais da farinha de banana verde

O protocolo de análises e quantificação dos minerais fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), nitrogênio (N), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) foi executado no Laboratório de Hidrocarbonetos da Universidade do Estado do Pará (LABONI/UEPA). Cinco gramas de amostras foram submetidas às análises de matéria seca e cinzas. Após essa etapa, solubilizou-se o resíduo mineral obtido da calcinação em solução de ácido clorídrico 2M e completou-se o volume a 30 mL com água ultra pura. A leitura foi realizada em espectrômetro de emissão e absorção atômica (ICP-AES), (marca Varian, modelo Liberty II) (MALAVOLTA *et al.*, 1989; MALAVOLTA, 1992).

4.3 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES

Foram elaboradas quatorze formulações, sendo sete formulações elaboradas com o ingrediente adicional isolado protéico de soja e as outras sete com o leite integral em pó. Tais formulações foram estudadas e avaliadas por meio das seguintes análises: microscopia eletrônica de varredura (MEV), cor instrumental, perfil de aminoácidos, índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), viscosidade e isothermas de sorção.

A proporção de cada ingrediente (Tabela 3) usado nas formulações foi estabelecida com base em produtos comercializados no mercado (tais como mingau, shakes e outros).

Tabela 1. Proporções de cada ingrediente das formulações.

Formulação A				Formulação B			
Fonte protéica = Isolado protéico de soja				Fonte protéica = Leite Integral			
	FBV (%)	IPS (%)	Açúcar (%)		FBV (%)	LI (%)	Açúcar (%)
A1	10	40	50	B1	10	40	50
A2	15	35	50	B2	15	35	50
A3	20	30	50	B3	20	30	50
A4	25	25	50	B4	25	25	50
A5	30	20	50	B5	30	20	50
A6	35	15	50	B6	35	15	50
A7	40	10	50	B7	40	10	50

FBV- Farinha de banana verde; IPS - Isolado protéico de soja; LI - Leite integral em pó; A - formulações com isolado protéico de soja; B - formulações com leite integral

4.3.1 Análise morfológica das matérias-primas e das formulações

Para a análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) utilizou-se cinco amostras, os ingredientes (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó) e duas formulações intermediárias A4 e B4 (uma com isolado protéico de soja e outra com leite integral em pó), com o intuito de caracterizar morfológicamente os componentes majoritários dessas formulações. As amostras foram preparadas em suportes metálicos e metalizadas com ouro com aproximadamente 20 nm de espessura por 150 segundos em corrente de 25 mA (SILVEIRA, 1989).

As eletromicrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura (marca Leo modelo 1450 VP), pertencente ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA).

4.3.2 Análise colorimétrica da farinha de banana verde e das formulações

O princípio do método consiste na decomposição de energia radiante de um objeto, em três componentes, os quais correspondem às três cores primárias (vermelho, amarelo e azul). Nesta representação, L indica o fator brilho, a e b são as coordenadas de cromaticidade. A cor da farinha de banana verde e das formulações foi analisada, em colorímetro MINOLTA CR310, de acordo com a Figura 12, operando no sistema CIE (L^* , a^* , b^*), sendo L^* luminosidade, a^* intensidade da cor vermelha e b^* intensidade da cor amarela.

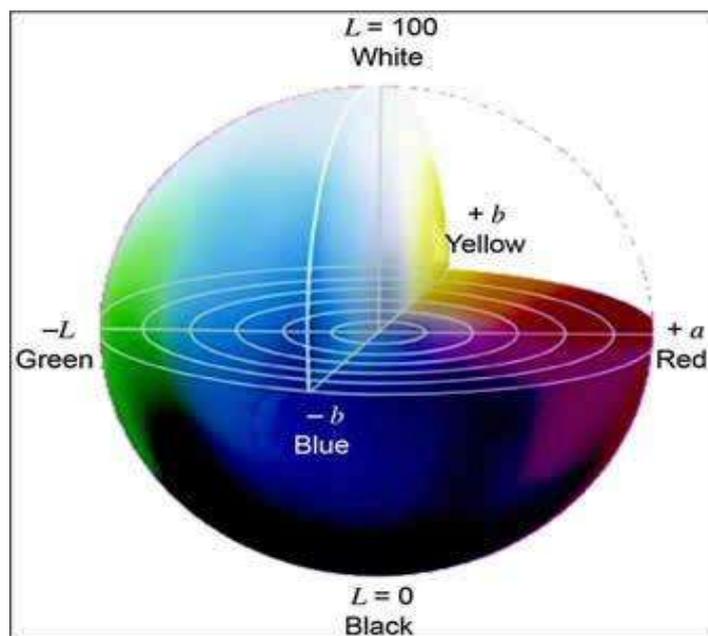


Figura 12. Diagrama de Cromaticidade.

4.3.3 Perfil de aminoácidos das matérias-primas e das formulações

A quantificação dos aminoácidos presentes nas matérias-primas (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó) e nas formulações selecionadas A4 (com isolado protéico de soja) e B4 (com leite integral em pó) foi realizada no Laboratório

de Fontes Protéicas do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição (DEPAN), da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), UNICAMP. As proteínas constituintes das amostras foram hidrolisadas com ácido clorídrico 6N durante 24 horas. Os aminoácidos liberados durante a hidrólise ácida reagem com o fenilisotilcianato (PITC) e são separados por HPLC (*Thermo Separation Products* modelo A53000), em fase reversa (coluna AP-18 Fabricante *PHENOMENEX*) e quantificados pela absorvidade UV a 254 nm. A quantificação é feita por calibração interna multinível, com auxílio do ácido alfa-aminobutírico (AAAB), como padrão interno.

4.3.4 Propriedades funcionais tecnológicas das formulações

Segundo metodologia de Anderson *et al.* (1969) foram analisadas as seguintes propriedades funcionais: índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das quatorze formulações elaboradas.

4.3.5 Viscosidade das formulações

Segundo metodologia de Mazurs *et al.* (1957) avaliou-se a viscosidade de seis formulações (A1, A4 A7, B1, B4 e B7) selecionadas das quatorze formulações elaboradas. A viscosidade foi determinada em viscoamilografo Brabender, no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos do Departamento de Tecnologia dos Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

4.3.6 Avaliação higroscópica das formulações

Para a avaliação do comportamento higroscópico das quatorze formulações elaboradas, foram selecionadas as formulações intermediárias A4 (com isolado protéico de soja) e B4 (com leite integral em pó). Duas isotermas foram construídas para cada tipo de formulação. Para a obtenção dos dados de adsorção, foram pesadas amostras das formulações (A4 e B4), nas cápsulas do aparelho de atividade de água e em seguida, as amostras foram submetidas à desidratação completa, em dessecador contendo sílica-gel na base, sob vácuo e à temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$), por um período de 24 horas. As amostras foram colocadas em dessecador contendo água na base e mantidas na temperatura de trabalho (25°C), com variação de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Para obtenção dos dados de dessorção, as

mesmas amostras submetidas ao processo de adsorção foram mantidas em dessecador contendo água na base, na temperatura de trabalho (25°C), por 24 horas, em ambiente com variação de temperatura de $\pm 1^\circ\text{C}$, para que ocorresse a umidificação das mesmas. Em seguida as amostras foram transferidas para um dessecador contendo sílica gel na base, dando início à dessorção, sendo o conjunto transferido para ambiente com temperatura controlada (25°C). Durante o ensaio experimental (adsorção e dessorção), retiraram-se amostras em duplicata, em tempos crescentes (pseudo-equilíbrio), para determinar a umidade por diferença de massa, com o auxílio de uma balança analítica, e a atividade de água (a_w), com auxílio de um higrômetro (marca AQUAlab modelo 3TE). Durante todo o experimento as amostras foram submetidas à inspeção visual, com a finalidade de acompanhar alterações perceptíveis como: escurecimento e crescimento de fungos no produto. As isotermas de adsorção e dessorção foram construídas graficamente a partir da relação existente entre as umidades do produto em função das atividades de água correspondentes, com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel 2007 e Statistica® versão 5.0. A monocamada (m_o) foi determinada através da equação que teve melhor ajuste à isoterma do produto. Na predição das isotermas de sorção foram testados quatro modelos matemáticos (Tabela 4), sendo estes os mais usados para produtos com características semelhantes às das formulações elaboradas neste estudo

Tabela 4. Modelos utilizados na predição das isotermas de sorção das formulações

Equação	Modelos
GAB ^a	$m = \frac{m_o \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (c - 1) \cdot k \cdot a_w)]} \quad (1)$
BET ^b	$m = \frac{m_o \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \cdot \left(\frac{1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right) \quad (2)$
Anderson ^c	$m = \frac{m_o \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2) \cdot k \cdot a_w + (1 - c) \cdot k^2 \cdot a_w^2]} \quad (3)$
Anderson e Hall ^c	$m = \frac{m_o \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2 \cdot k) \cdot a_w + (k^2 - c \cdot k) \cdot a_w^2]} \quad (4)$

^aChirife e Iglesias (1978); ^bPark e Nogueira (1992); ^cBoquet, Chirife e Iglesias (1980).

A análise de regressão não linear foi realizada com auxílio do aplicativo Statistica® versão 5.0 (STATSOFT INC., 2004), utilizando a metodologia de estimativa Levenberg-Marquardt e critério de convergência de 10^{-6} . Os parâmetros utilizados para avaliar os

ajustes foram o coeficiente de determinação (R^2), o desvio médio relativo (P) e a correlação entre os valores de umidade experimentais e preditos. Valores de P menores que 5% foram considerados como indicadores de bons ajustes para isothermas de sorção, para propósitos práticos, e foram tomados como referência.

4.3.6 Análise microbiológica da farinha de banana verde e das formulações

A farinha de banana verde e as formulações A4 (com isolado protéico de soja) e B4 (com leite integral em pó) foram selecionadas para avaliar às condições higiênico-sanitárias empregadas durante o processamento. As amostras foram submetidas às seguintes análises: *Bacillus cereus*, Coliformes a 45°C e *Salmonella sp.*, de acordo com a metodologia citada por Vanderzant e Splittstoesser (1992), seguindo-se os parâmetros de tolerância exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

4.3.7 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos nas análises das propriedades funcionais (IAA, ISA e viscosidade) e análise de cor foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey, com auxílio do programa Statistica® versão 5.0 (STATSOFT INC., 2004) a um nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE BANANA VERDE

5.1.1 Rendimento da farinha de banana verde

Após o processo de secagem, que durou 36 horas, seguiu-se a etapa de moagem das amostras secas. Obteve-se 11,5 kg de farinha de banana verde com casca, representando um rendimento de 17,31%, ao final do processamento.

5.1.2 Análise granulométrica da farinha de banana verde

Os resultados da análise granulométrica da farinha de banana verde estão apresentados na Figura 13.

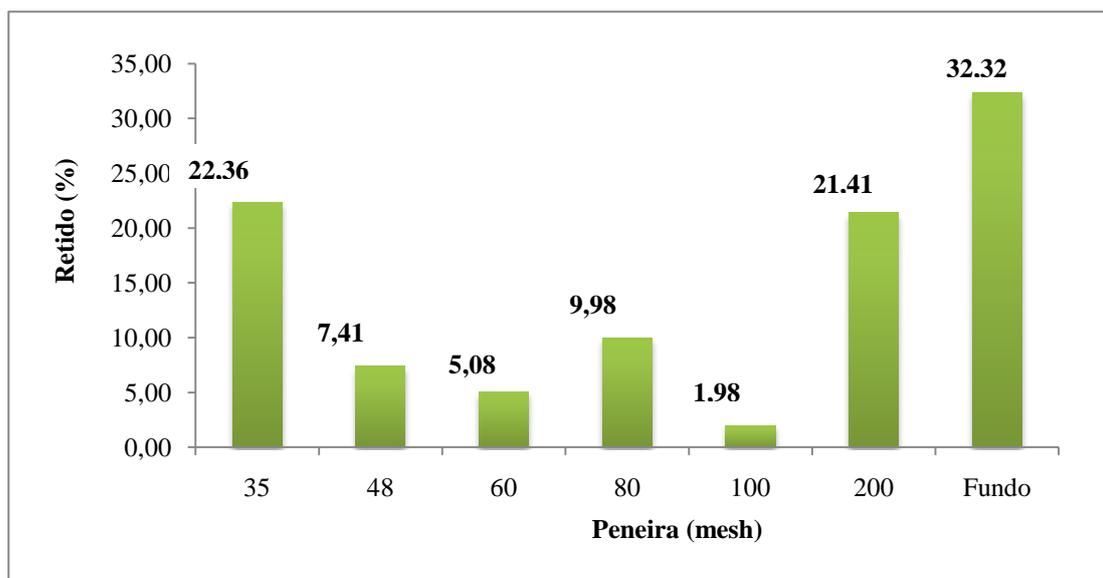


Figura 13. Análise granulométrica da farinha de banana verde.

A análise granulométrica da farinha de banana verde indica que 46,81% de partículas ficaram retidas nas peneiras de tamanhos inferior a 100 mesh (0,140 mm) e 53,19% de partículas ficaram retidas nas peneiras de tamanhos superior a 200 mesh Tyler (0,074 mm). Tal fato evidencia que a distribuição granulométrica encontrada para a farinha de banana não é homogênea e o percentual de partículas retidas em peneiras com 100 mesh é inferior a descrita para a farinha de trigo, com 82,15% de partículas com tamanho inferior a 100 mesh Tyler (0,140 mm) (ANVISA, 2001).

Segundo Loures (1989) e Mohamed (1990) a distribuição das partículas é influenciada pelo tamanho da malha e tipo de moinho utilizado; Para o autor a irregularidade no tamanho das partículas influencia negativamente as características físicas do produto final. Já Perez e Germani (2004) obtiveram farinha de berinjela com 77,1% das partículas de tamanho inferior a 100 mesh, apresentando uma maior regularidade no tamanho das partículas e com granulometria semelhante a da farinha de trigo. A característica granulométrica do material farináceo constitui aspecto importante na elaboração de produtos de panificação, (biscoitos, pães e massas alimentícias) visto que a adequada distribuição percentual das partículas permite maior uniformidade no produto elaborado (VITTI, 1992; GERMANI *et al.*, 1997).

A granulometria também é um parâmetro considerado por alguns pesquisadores como Bakar e Hin (1994) e Bar (1999), como sendo um indicativo que influencia nos valores de índice de absorção de água (IAA). Segundo esses pesquisadores, quanto menor a granulometria maior é a absorção de água.

Perez e Germani (2004) observaram que após a obtenção de farinhas mistas (mistura de farinha de berinjela com farinha de trigo), quanto menor era a granulometria das partículas, maiores eram os valores do índice de absorção de água. Bakar e Hin (1994) também evidenciaram tal influência da granulometria em relação ao mesmo parâmetro.

5.1.3 Caracterização físico-química da farinha de banana verde

A caracterização físico-química da farinha de banana encontra-se nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Caracterização físico-química da farinha de banana verde com casca.

Componentes (g/100g)	Farinha de banana b.u (g/100g)	%VD**
Valor calórico (kcal)	375,32	15
Carboidrato total	81,99	25
Amido total	66,65 ± 0,04	1
Fibra total	15,34±0,04	52
Fibras Insolúveis	10,09± 0,02	-
Fibras Solúveis	5,25± 0,05	-
Proteínas	3,83±0,58	4
Lipídios	3,56 ± 0,06	3

Umidade	7,60±0,27	-
Cinzas	3,02 ± 0,07	-

* Resultados expressos em base úmida (média ± desvio padrão).

** %VD Valores Diários de Referência com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ.

****Teor de carboidrato calculado por diferença.

O valor calórico é um parâmetro que envolve os teores de proteínas, carboidratos e lipídeos, sendo de interesse para rotulagem nutricional do produto e controle de calorias ingeridas (GULHERME e JOKL, 2005). A distribuição calórica dos nutrientes em uma dieta baseia-se numa divisão percentual que deverá totalizar 100% de kcal/dia a serem distribuídas adequadamente entre todas as refeições.

Neste trabalho, o valor calórico encontrado para a farinha de banana foi de 375, 32 kcal/100g. Em termos nutricionais esse valor é elevado quando comparado a uma das principais refeições cotidianas (almoço), seguindo uma dieta padrão com média de 2000 kcal/dia. Tal resultado demonstra que a farinha de banana verde é um produto com elevado valor energético podendo ser usado como complemento ou suplemento alimentar para crianças, adolescentes, adultos e idosos, atendendo a diferentes recomendações nutricionais (FAO, 1999).

O valor calórico encontrado neste trabalho mostra-se também próximo ao estabelecido por Martins (2000), que estudando diferentes tipos de farinhas observou para farinha de banana 350 kcal/100g, para farinha de mandioca 324,5 kcal/100g, para farinha de tapioca 360,9 kcal/100g e para farinha de soja 334,1 kcal/100g. Todos esses alimentos foram considerados como fontes energéticas e foram relatados como excelentes fontes alimentares (SOUZA e MENEZES, 2004; DIAS e LEONEL, 2006). Além disso, Borba (2006) encontrou valor calórico total para farinha de batata de 378 kcal/100g.

Segundo Sgarbieri (1996) a farinha de trigo integral apresenta valor calórico de 333 kcal/100g, valor este próximo ao da farinha de banana verde com casca encontrado neste trabalho. Segundo o mesmo autor, a farinha de milho e a farinha de soja (integral) apresentam 418 e 457 kcal/100g, respectivamente, apresentando um maior valor energético em relação à farinha de banana verde com casca deste estudo.

O valor médio de carboidrato total neste trabalho foi 81,89g/100g. Torres *et al.* (2005) encontraram um valor superior, de 91,70g/100g em farinha de banana verde da mesma variedade Nanicão, enquanto que Moraes *et al.* (2006) encontraram valor inferior, de 76,71g/100g na farinha de banana verde (*Musa cavendishii*) de outra variedade. Tais diferenças podem ser justificadas pelo estágio de maturação, variedade dos frutos utilizados, assim como pelas condições de processamento adotadas para elaboração de tais farinhas (MANICA, 1998).

O teor médio de amido observado neste estudo foi de 66,65g/100g, (equivalente a 81,89% do valor de carboidrato total presente nesta farinha), o que indica que esta farinha possui elevada concentração de amido (> 65% do total de carboidrato). O valor de amido desta farinha é superior quando comparado com outras farinhas, como a de trigo (com cerca de 65% a 72% de amido) (ANVISA, 2000), como a de mandioca (com cerca de 68% a 75% de amido) e inferior quando comparada com a farinha de batata com casca (com cerca de 90% de amido) (BORBA, 2006). Travaglini *et al.* (1993) estudando banana passa encontraram um valor de amido também superior (73,28g/100g) quando comparado ao valor deste estudo.

Com base exclusivamente no valor de amido encontrado neste estudo, pode-se afirmar que, a farinha de banana verde com casca, dependendo de suas propriedades funcionais (IAA, ISA e viscosidade), pode ser utilizada como substituto integral ou parcial das farinhas de trigo bem como de outros tipos de farinhas tradicionalmente utilizadas na confecção de muitos produtos (bolos, biscoitos, cereais e mingaus) (CAETANO, 2005).

O teor de proteína encontrado neste trabalho foi 3,8g/100g, bem próximo ao encontrado por Campos e Vera (2008), 4,07g/100g em farinhas de banana verde da mesma variedade. Já Moraes e Neto *et al.* (2006) encontraram valores médios inferiores, de 3,3g/100g de proteínas, em farinhas de banana verde (*Musa sapientum*) variedade Prata, utilizando secagem solar.

Os teores de proteínas e lipídeos são semelhantes aos encontrados no trabalho de Borges (2007) que desenvolveu farinha de banana verde também da variedade Nanicão para elaboração de diversos produtos de preparo rápido. O resultado referente à análise de lipídios (3,56g/100g) indica que este produto pode ser usado com finalidades dietéticas,

sendo indicado, especialmente para consumidores com interesse em reduzir percentual de gordura corporal bem como para os indivíduos com predisposição genética ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares causadas especialmente pelo consumo excessivo de gorduras saturadas na dieta (BRASIL, 1998d).

O valor de fibra alimentar total encontrado (15,34%) demonstra que a farinha possui um alto teor desse componente nutricional, indicando que a farinha constitui-se como uma importante fonte alimentícia de fibras, podendo ser utilizada para o enriquecimento de produtos na indústria alimentícia (BRASIL, 1998b). Os teores de fibras insolúveis nesse estudo (10,09%) foram superiores aos de fibras solúveis (5,25%). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) esta farinha pode ser caracterizada como fonte de fibras ou com alto teor de fibras, isso porque a exigência para que um produto apresente-se como fonte de fibra é que contenha, pelo menos, 3 gramas de fibras a cada 100 gramas do total de sólidos. Para ter “alto teor de fibra” deve conter, pelo menos, o dobro (BRASIL, 1998c).

A diminuição da incidência de várias doenças, em especial o câncer no cólon e reto está associada à ingestão de hortaliças, frutas, grãos integrais e particularmente fibras, nas quais a farinha de banana verde apresenta-se, segundo a legislação brasileira, como produto com alto teor em fibras (BRASIL, 1998c). O efeito laxante e a prevenção de agravos patológicos no trato gastrointestinal são os benefícios primários, principalmente relacionados às fibras insolúveis, que podem reduzir os riscos de surgimento de doenças gastrointestinais (GORBACH; GOLDIN, 1992; OHR, 2004). Já as fibras solúveis têm seus efeitos metabólicos no organismo humano, relacionados principalmente à diminuição da taxa e da efetividade da absorção de nutrientes, como a glicose, os lipídeos e o colesterol (ANDERSON; AKANJI, 1992; JENKINS *et al.*, 1992; OHR, 2004).

As recomendações de ingestão de fibra alimentar na dieta variam de 20 a 35 gramas (10 a 13 gramas por 1000 kcal de alimento consumido) sendo, do total, aproximadamente um terço de fibras solúveis. Já a ADA (*American Dietetic Association*) recomenda consumo de 20 a 35 gramas de fibra alimentar por dia, sendo 5 a 10 gramas de fibra solúvel (OHR, 2004).

No trabalho de Cardenette (2006) foram encontrados valores próximos aos encontrados neste trabalho: fibra alimentar total (17,8%), fibra insolúvel (13,5%) e fibra solúvel (4,3%) em farinha de banana verde com casca da variedade Nanicão.

O teor de umidade encontrado na farinha de banana foi de 7,6g/100g e encontra-se dentro do padrão vigente preconizado pela ANVISA (2001), que estabelece o máximo de 15g/100g em farinhas ou farelos e outros produtos obtidos a partir de cereais ou leguminosas. Borges (2007) encontrou valor de 7,4g/100g para farinha de banana verde da mesma variedade Nanicão, usada para elaboração de formulações para produtos de panificação. A determinação de umidade nos alimentos é de grande importância, pois a água exerce influência acentuada em várias de suas características, como aparência, sabor, estrutura e susceptibilidade a deterioração por presença de microrganismos (BRASIL, 2001).

Quanto às cinzas, o valor médio obtido neste trabalho foi de 3,02g/100g base úmida e 3,27g/100g (3,27%) em base seca. De acordo com a Portaria vigente n. 354, não há uma resolução específica para farinha de banana. No entanto, se compararmos com a farinha de trigo para a mesma ser caracterizada como *especial* deve conter no máximo 0,65% de cinzas. Quando a farinha apresenta teores de cinzas entre 0,66% e 1,35%, esta é considerada *comum*. Já para ser caracterizada como *integral* deve apresentar teor de cinzas máximo de 2,0%, todos os valores em base seca (BRASIL, 2001).

Campos e Vera (2008) encontraram valores médios de 4,4g/100g de resíduo mineral fixo na farinha de banana verde com casca da variedade Nanicão. Já Medeiros e Brito (2002) e Borges (2003) relataram teores de cinzas inferiores para a farinha de banana com casca, de 2,27g/100g e 2,90g/100g, respectivamente.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados dos parâmetros pH, acidez total titulável (%), atividade de água (A_w) e sólidos solúveis totais (°Brix).

Tabela 6. Valores médios de pH, acidez total titulável, atividade de água (A_w) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) da farinha de banana.

Característica			
pH	Acidez titulável (%)	A_w	Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix)
5,66±0,06	0,35±0,04	0,33±0,01	5,8±0,01

Média ± desvio padrão.

Com relação ao pH e acidez total titulável (em ácido málico) os resultados estão de acordo com Lima *et al.* (2004) que encontram valores similares para bananas no mesmo estágio de maturação que o adotado nesse estudo.

Dentre os ácidos encontrados na banana estão o ácido málico, o ácido cítrico e o ácido oxálico como predominantes. De acordo com Seymour (1993) o ácido málico e o cítrico são responsáveis pelo sabor azedo da banana verde e o ácido oxálico é responsável pela adstringência da fruta, e à medida que ocorre o amadurecimento há uma redução desses ácidos e o sabor vai se tornando adocicado, principalmente devido aos açúcares provindos da degradação do amido.

O valor de pH encontrado de 5,66 classifica a banana verde como um alimento de baixa acidez. Para cultivar Prata, Fagundes *et al.* (1999) encontraram pH variando de 4,37 a 4,80. Já Soto (1992) encontrou valores de pH para bananas verdes tratadas com ácido cítrico (1,0%) entre 4,20 e 4,80.

O teor médio de acidez total titulável observado neste trabalho foi de 0,35% e encontra-se dentro do estipulado como aceitável para farinhas pela legislação (BRASIL, 2000).

A atividade de água, parâmetro que melhor explica as reações químicas, enzimáticas e o crescimento microbiológico, expressa o conteúdo de água contida no alimento, podendo estar livre ou combinada. O valor encontrado de 0,33 revela que a farinha de banana verde tem baixa atividade de água, o que contribui favoravelmente para a estabilidade microbiológica do produto (FELLOWS, 2000).

Os sólidos solúveis totais aumentam rapidamente com a maturação da fruta e nesse trabalho o valor encontrado foi 5,8 °Brix que a classifica a banana como estágio 2 de maturação (LOESECKE, 1950).

5.1.4 Composição de minerais da farinha de banana verde

As concentrações dos macro e micro minerais presentes na farinha de banana verde, encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios de minerais na farinha de banana verde

Macrominerais (mg/100g) (bs)*					
	P	K	Ca	Mg	S
FBV	100±0,01	1180± 1,05	130±1,5	70±2,2	100±12,1
FT	160	90	160	20	150
IDR	700 mg/dia	-	1000 mg/dia	400 mg/dia	-
Microminerais (mg/kg)*					
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
FBV	0,1±0,65	5,5±0,29	4,6±0,39	533,2±0,07	17,8±0,65
FT	3,1	4,4	0,7	27,3	52
IDR	20 mg/dia	900 µg/dia	2,3 mg/dia	11 mg/dia	18 mg/dia

*Média ± desvio padrão.

P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; N = Nitrogênio; B = Boro; Cu = Cobre; Mn = Manganês; Zn = Zinco; Fe = Ferro;

FBV= farinha de banana verde; FT= farinha de trigo (BORGES, 2007); IDR= Ingestão Dietética de Referência (MACDLE, 2003).

Os teores de fósforo, potássio e magnésio encontrados neste estudo são superiores aos teores encontrados por Borges (2007). O valor médio encontrado para o fósforo foi considerado razoável, sendo este 14% do valor da IDR (700 mg/dia) recomendada. Os valores encontrados para o magnésio podem ser considerados bons, já que representam 18% da IDR (400 mg/dia). A deficiência desses macrominerais está relacionada com a perda de massa óssea (SCHAAFSMA *et al.*, 2001).

Esta farinha é uma ótima fonte de potássio (1180 mg/100 g), embora a IDR não estabeleça valores para a ingestão deste macromineral. Segundo Sgarbieri, (1996) um

alimento para ser considerado uma boa fonte de potássio deve apresentar o mínimo de 370 mg/100 g deste mineral. O potássio é importante para o equilíbrio hídrico do organismo, promovendo o funcionamento de músculos e do metabolismo (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002).

Os valores médios de cálcio representaram 13% da IDR (1000 mg/dia). O cálcio é um mineral importante para algumas proteínas celulares, seja por se ligar a elas, seja por ativá-las (WEAVER e HEANEY, 2006). Para a atuação de carboidratos, proteínas e lipídios no organismo, são necessárias várias enzimas dependentes de cálcio (COZZOLINO, 2007; LEIS e WINDSCHHOFER, 2008).

O valor de boro encontrado 0,1 mg/kg nesta farinha é inferior aos 3,1 mg/kg encontrados para farinha de trigo utilizada por Borges (2007). A suplementação de boro diminui a deficiência de magnésio (SCHAAFSMA *et al.*, 2001; KENNEY, 2002; MACDONALD *et al.*, 2005).

O valor de cobre encontrado 5,5 mg/kg neste experimento é superior ao valor de 4,4 mg/kg encontrado por Borges (2007). O cobre atua como co-fator de enzimas envolvidas na síntese de constituintes da matriz óssea (HIROTA, 2006).

O teor de manganês 4,6 mg/100g desta farinha é 6,5 vezes maior do que a farinha de trigo citada no trabalho de Borges (2007). O valor de zinco (533,2 mg/kg) encontrado representa quase 20 vezes mais o conteúdo deste mesmo mineral na farinha de trigo (27,3 mg/kg) estudada por Borges (2007). O zinco desempenha importante papel estrutural na matriz óssea (ASCHERI *et al.*, 2006; LOWE *et al.*, 2006; CEROVIC *et al.*, 2007). Os valores encontrados para manganês e zinco podem ser considerados muito bons, sendo superiores às recomendações nutricionais IDR (2,3 mg/dia e 11 mg/dia) destes microminerais para homens e mulheres adultos.

O teor de ferro presente nesta farinha representa apenas um terço do teor encontrado na farinha de trigo estudada por Borges (2007). A ingestão diária de ferro, segundo a National Academy of Sciences (NAS, 2007) para homens adultos com idade de 19 a 50 anos, é de 8 mg/kg/dia e, para mulheres nesta mesma faixa etária é de 18 mg/kg/dia. O

valor de ferro encontrado neste estudo (17,8 mg/kg) é uma alternativa viável para suprir tais recomendações nutricionais.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES

Após a elaboração das formulações as mesmas foram caracterizadas de acordo com as análises descritas a seguir. Para algumas análises foram selecionadas apenas algumas formulações, em geral os pontos centrais, já que as mesmas representam o valor médio e podem ser aceitas para descrever o comportamento médio das formulações.

5.2.1 Análise morfológica das matérias-primas e das formulações

Para a avaliação morfológica utilizou-se cinco amostras: os ingredientes individuais (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó) e duas formulações. Em virtude do objetivo da análise ser a identificação das características morfológicas dos grânulos presentes nos ingredientes individuais e em cada uma das formulações; com soja e com leite integral, e tal comportamento não varia selecionou-se apenas duas formulações A4 e B4 que são as condições intermediárias.

A Figura 14 apresenta a Micrografia eletrônica de varredura (MEV) dos grânulos de amido na amostra de farinha de banana verde.

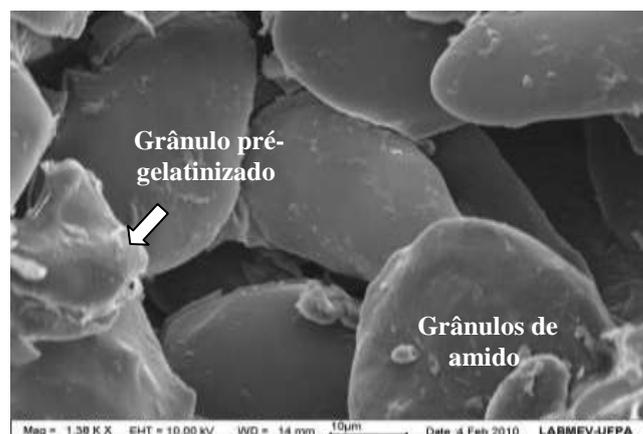


Figura 14. Micrografia em MEV de grânulos de amido *Musa* AAA-Nanicão.

Com relação à análise dos grânulos de amido em microscópio eletrônico de varredura (Figura 14), predominaram formas lisas, ovais, alongadas e com tamanhos diferenciados variando entre 7µm e 50 µm.

Segundo Cereda *et al.* (2000) as diferenças entre as formas e tamanhos dos grânulos de amido são determinadas pelas espécies botânicas, sendo portanto muito variadas. Guinesi *et al.* (2006) realizaram estudos sobre grânulos de amidos de várias origens botânicas e encontraram formas arredondadas e ovais para o amido de mandioca. Já Tavares e Freitas (2005) realizaram estudos para caracterização dos grânulos de amido para duas variedades de banana, a Nanicão e a Terra, e encontraram resultados semelhantes aos observados neste estudo para variedade Nanicão.

Observa-se ainda na Figura 14 algumas estruturas intactas e outras estruturas já fragmentadas (pré-gelatinizadas) de amido. Segundo Zhang *et al.* (2005) tais estruturas fragmentadas mostram o efeito da temperatura sobre a integridade do grânulo de amido.

Cordenunsi (2006) investigou, utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV), a morfologia dos grânulos de amido isolado de cevada (*Hordeum vulgare*) original e seus mutantes e concluiu que os amidos dos dez genótipos de cevada diferiram em relação à morfologia e distribuição dos grânulos. O mesmo pôde ser observado nos grânulos de amido da amostra de farinha de banana verde estudada, mesmo se tratando de um único tipo de genótipo.

O MEV foi utilizado neste estudo porque somente o formato dos grânulos estava em foco. Além disso, existe uma teoria que alguns grânulos de amido apresentam poros alargados pela ação das enzimas que agem sobre os mesmos. Tais poros seriam responsáveis pela rapidez com que este tipo de amido é degradado, pois facilitariam a entrada e ação das enzimas no interior do grânulo, como foi observado pelo estudo realizado por Li *et al.* (2004) em amidos com padrão tipo A de cristalinidade. Já os amidos padrão tipo B, que são os encontrados em frutas como a banana verde, não apresentam tais características, sendo assim menos suscetíveis às enzimas que degradam o amido e ficando assim conhecidos como “amidos resistentes” (CORDENUNSI, 2006).

Segundo Themeier *et al.* (2005) quando a amostra é triturada ou moída, como é o caso da amostra de farinha de banana verde deste trabalho, para ser melhor observada junto ao microscópio e também para aumentar a fração de grânulos de amido observáveis, possíveis danos mecânicos poderiam ter ocorrido nesta amostra e influenciariam os parâmetros de comparação, tais como tamanho, forma e estruturas. Contudo, a microscopia

realizada neste estudo foi capaz de proporcionar adequadamente a caracterização morfológica dos grânulos de amido da banana.

Nas Figuras 15 e 16 podem ser visualizadas as micrografias eletrônicas de varredura das amostras de isolado protéico de soja e leite integral em pó respectivamente.

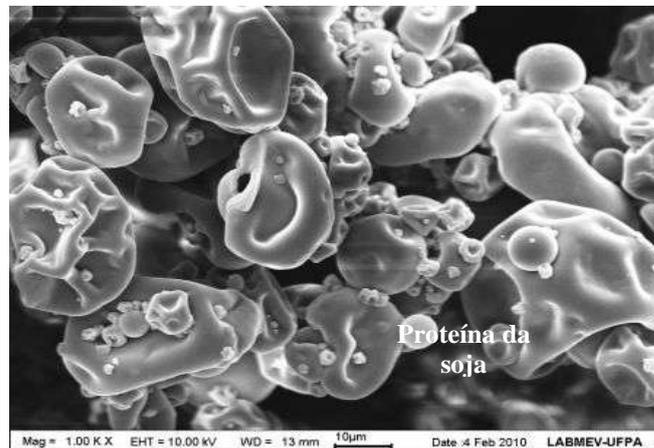


Figura 15. Micrografia em MEV de grânulos de proteína isolada da soja.

A Figura 15 apresenta a morfologia das proteínas constituintes do isolado protéico de soja. Sua configuração estrutural apresenta um formato no qual a forma globular predomina, com achatamentos em algumas estruturas e superfícies apresentando sulcos irregulares acentuados em sua maioria. Os tamanhos encontrados variaram entre 1µm e 30µm.

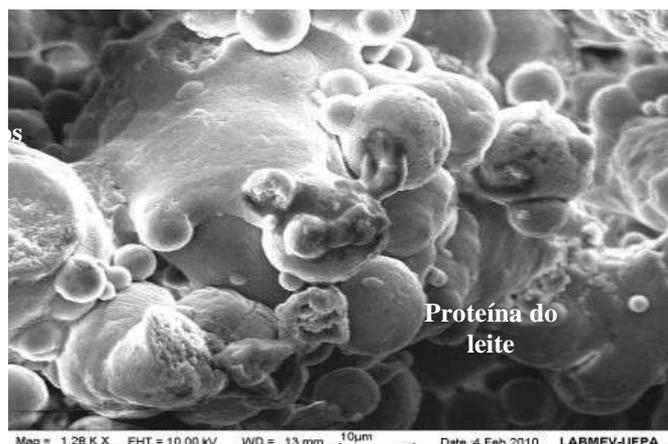


Figura 16. Micrografia em MEV de grânulos de proteína do leite integral em pó.

Na Figura 16 evidencia-se a morfologia das proteínas que constituem a amostra leite integral em pó, também apresentando uma estrutura com formato globular predominante, com uma distribuição de proteínas em tamanhos variados, apresentando sulcos irregulares

não tão acentuados em suas superfícies, como os observados na Figura 15, além de apresentar grandes complexos protéicos formados por aglomerados de várias proteínas associadas entre si. Os tamanhos encontrados variaram entre 3 μ m e 50 μ m, sendo as proteínas do leite maiores em relação às proteínas da soja.

Comparando-se as estruturas da Figura 15 com a superfície de outra proteína globular (Figura 16), pôde-se notar a presença de bolsões na estrutura protéica, nos quais outras moléculas podem se ligar. Apesar de cada proteína seguir um padrão único, semelhanças podem ser verificadas, como modelos estruturais que surgem em proteínas distintas, os quais podem levar ao desenvolvimento de bancos de dados que permitem comparações informativas, relativas às estruturas protéicas (LEHNINGER, 2000).

Na Figura 17 são apresentadas as formulações A (proteína de soja) e B (proteína de leite), observa-se uma composição heterogênea nas formulações mostrando estruturas irregulares de formatos indefinidos, com cavidades e espaços estruturais de tamanhos variados. Tais diferenças podem ser justificadas, já que cada formulação é o resultado da mistura de diferentes componentes e que possuem suas particularidades estruturais e morfológicas.

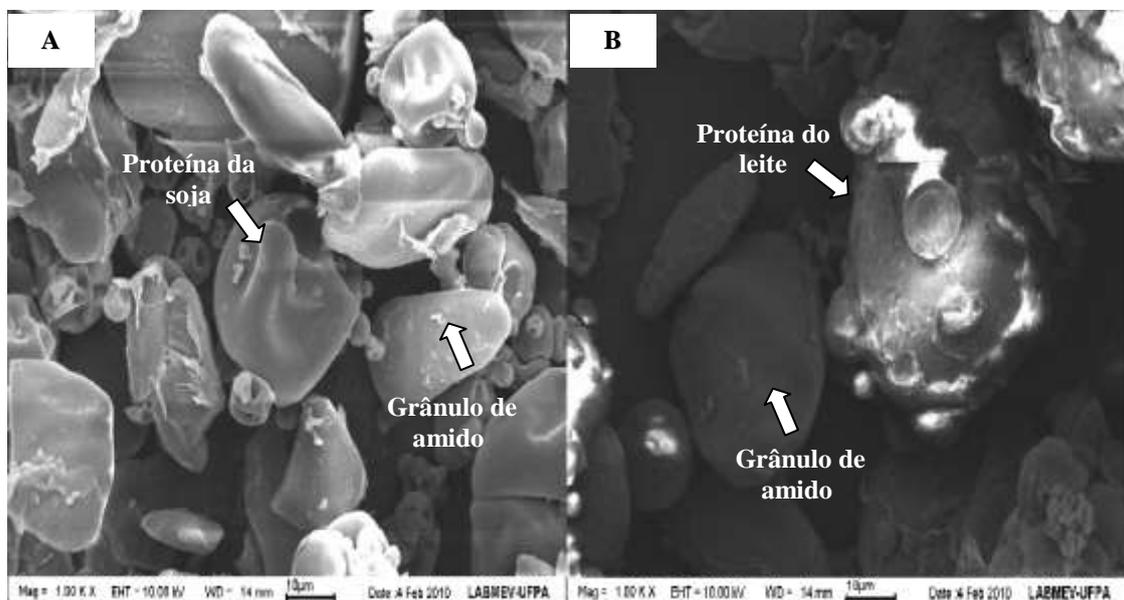


Figura 17. Micrografia em MEV da formulação A e formulação B.

Os resultados mostram as diferenças entre os componentes majoritários (amido da farinha de banana verde, proteínas do isolado protéico de soja e proteínas do leite integral

em pó) presentes em diferentes tipos de estrutura de constituição. Conhecer tais características morfológicas permite definir o possível uso industrial dessas matérias-primas na confecção de produtos alimentícios, pois estão relacionadas com propriedades funcionais tais como índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) (ZHANG *et al.*, 2005).

A elaboração de formulações com mistura de ingredientes protéicos garante um incremento nutricional, além de conferir aos produtos elaborados ou enriquecidos, características tecnológicas (solubilidade, viscosidade, emulsificação, formação e estabilidade de espumas, geleificação e outras) muito importantes na elaboração e aceitação pelo consumidor para vários produtos alimentícios (mingaus, bebidas instantâneas, produtos de panificação e outros) (SGARBIERI, 1996).

5.2.2 Análise colorimétrica da farinha de banana verde e das formulações

A análise final da cor de qualquer produto lhe garante um padrão de qualidade de mercado, exigido mundialmente (BRASIL, 2001). Por esse motivo é de suma importância avaliar tal parâmetro. Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os valores médios de cor instrumental das formulações elaboradas a partir de farinha de banana verde com isolado protéico de soja e com leite integral em pó, sendo a cor da farinha de banana verde utilizada como referência.

Tabela 8. Parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*) das formulações com isolado protéico de soja.

Amostras	Composição(%) (FBV/IPS/AÇ)	Parâmetros de colorimetria		
		L^*	a^*	b^*
FBV	(100/---/---)	74,00±0,28 ^c	+2,52±0,05 ^a	+11,15±0,15 ^e
A1	(10/ 40 /50)	81,44±0,24 ^a	+1,80±0,02 ^b	+15,45±0,14 ^{a, b}
A2	(15/ 35 /50)	81,36±0,31 ^a	+1,91±0,07 ^b	+15,64 ±0,09 ^a
A3	(20/ 30 /50)	80,51±0,15 ^a	+1,93±0,07 ^b	+14,96±0,11 ^b
A4	(25/ 25 /50)	78,22±0,40 ^b	+1,98±0,06 ^b	+14,06±0,07 ^c
A5	(30/ 20 /50)	78,19±0,14 ^b	+2,02±0,07 ^b	+12,73±0,02 ^d
A6	(35/ 15 /50)	76,91±0,38 ^c	+2,06±0,02 ^b	+13,63±0,06 ^d
A7	(40/ 10 /50)	75,80±0,77 ^d	+2,57±0,25 ^a	+13,09±0,05 ^d

FBV - Farinha de banana verde; IPS - Isolado protéico de soja; AÇ - Açúcar

L^* Luminosidade; a^* coordenada de cromaticidade a (-a - verde, +a - vermelho); b^* coordenada de cromaticidade a (-b - azul, +b - amarelo)

*Média \pm desvio padrão

Médias com letras iguais coluna não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 8 observou-se que houve um progressivo escurecimento na cor de todas as formulações (redução no valor dos parâmetros L) à medida que se aumentou a quantidade de farinha de banana verde nas formulações. Através da análise dos parâmetros a e b constatou-se que todas as formulações apresentaram uma tendência por cromas de menor intensidade de verde e de menor intensidade de amarelo.

Em relação ao parâmetro L* todas as formulações diferenciaram-se significativamente em relação à farinha de banana verde. Em relação ao parâmetro a* somente a formulação A7 não apresentou diferença significativa em relação à farinha de banana verde. Em relação ao parâmetro b* todas as formulações apresentaram-se diferentes significativamente entre si em comparação à farinha de banana verde.

Tabela 9. Parâmetros de cor instrumental (L*, a* e b*) das formulações com leite integral em pó.

Amostras	Composição (%) (FBV/LI/AÇ)	Parâmetros de colorimetria		
		L*	a*	b*
FBV	(100/---/---)	74,00 \pm 0,28 ^f	+2,52 \pm 0,05 ^a	+11,15 \pm 0,15 ^a
B1	(10/ 40 /50)	85,07 \pm 0,05 ^a	-0,36 \pm 0,01 ^g	+10,47 \pm 0,01 ^b
B2	(15/ 35 /50)	83,06 \pm 0,16 ^b	+0,26 \pm 0,02 ^f	+10,47 \pm 0,04 ^b
B3	(20/ 30 /50)	80,36 \pm 0,26 ^c	+0,34 \pm 0,15 ^f	+10,50 \pm 0,04 ^b
B4	(25/ 25 /50)	78,74 \pm 0,27 ^d	+1,19 \pm 0,04 ^e	+10,55 \pm 0,05 ^b
B5	(30/ 20 /50)	76,25 \pm 0,21 ^e	+1,65 \pm 0,07 ^d	+10,69 \pm 0,17 ^b
B6	(35/ 15 /50)	75,85 \pm 0,07 ^e	+1,90 \pm 0,05 ^c	+10,89 \pm 0,16 ^{a,b}
B7	(40/ 10 /50)	74,27 \pm 0,38 ^f	+2,17 \pm 0,06 ^b	+10,92 \pm 0,16 ^a

FBV - Farinha de banana verde; LI - Leite integral; AÇ - Açúcar

L* Luminosidade; a*coordenada de cromaticidade a (-a - verde, +a - vermelho); b* coordenada de cromaticidade a (-b - azul, +b - amarelo)

*Média \pm desvio padrão

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 9 observou-se novamente um escurecimento progressivo na cor de todas as formulações (pela redução no valor do parâmetro L*) à medida que se aumentou a quantidade de farinha de banana verde. Através dos parâmetros a e b constatou-se que todas as formulações apresentavam tendência por cromas de menor intensidade de verde

(característica observada anteriormente na Tabela 8) e maior intensidade de amarelo. Izidoro (2007) em estudo realizado elaborando maionese com polpa de banana verde pôde observar este mesmo comportamento em relação à cor de suas formulações.

Em relação ao parâmetro L^* , com exceção da formulação B7, todas as formulações diferenciaram-se significativamente em relação à farinha de banana verde. Em relação ao parâmetro a^* todas as formulações apresentaram-se diferentes significativamente entre si em comparação à farinha de banana verde e em relação ao parâmetro b^* , observou-se que somente as formulações (B6) não apresentou diferença significativa em relação à farinha de banana verde.

Nas Tabelas 8 e 9 pôde-se verificar que o aumento na quantidade de farinha de banana verde nas formulações influenciou a cor final, tanto para as formulações A quanto para as formulações B, em pelo menos um dos três parâmetros (L^* , a^* , b^*) de colorimetria. O mesmo foi observado por Izidoro (2007) em emulsões para maionese elaboradas a partir da polpa de banana verde.

Pelos resultados expressos na Figura 18 verificou-se que o ΔE^* , que é a diferença total de cor entre as formulações (A e B) e a farinha de banana verde, foi bem maior para as formulações com leite integral (B), mostrando que elas diferiram-se mais em relação à cor da farinha de banana verde em comparação com as amostras das formulações com soja (A).

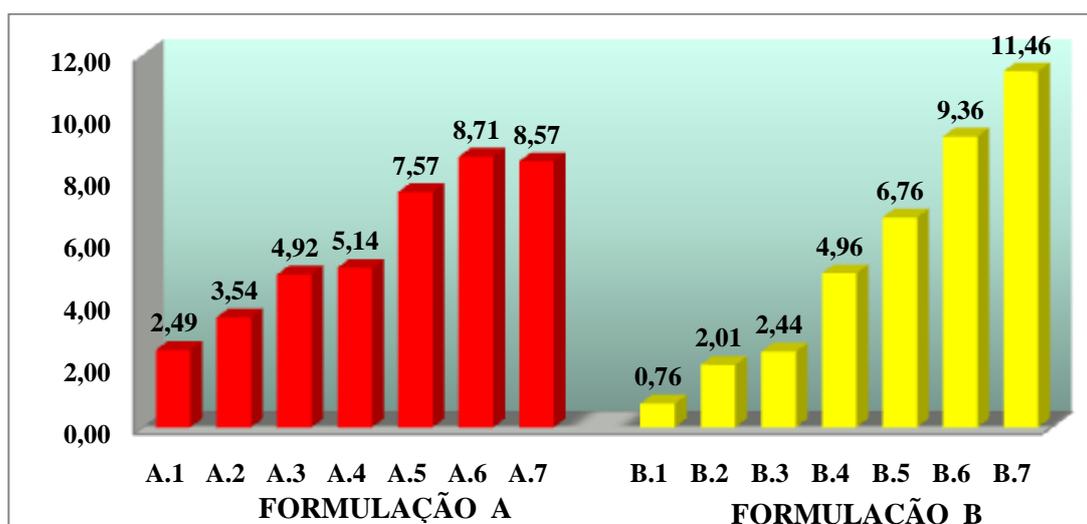


Figura 18. Diferença total de cor (ΔE) entre as formulações A e B e a farinha de banana verde.

Izidoro (2007) também observou diferença total de cor entre as emulsões e a polpa de banana verde. Já Quaresma *et al.* (2009) em estudo utilizando farinha da casca de maracujá para elaboração de barras de cereais, observou diferença total de cor entre as formulações e a farinha de maracujá e evidenciou que também existia uma diferença significativa entre a cor de todas as formulações elaboradas e a farinha utilizada. Já Fernandes *et al.* (2008) avaliou a diferença total de cor entre as farinhas de casca de batata, farinha de trigo branca e farinha de trigo integral e verificou que a diferença de cor existente entre a farinha de casca de batata e a farinha de trigo integral foi bem maior que a diferença existente entre a farinha de trigo integral e a farinha branca.

Para a farinha de trigo, por exemplo, a cor é um parâmetro importante e também é usado como índice de pureza, sendo que quanto mais branca ela for maior a aceitabilidade pelo consumidor (ANVISA, 2001). Neste sentido, as formulações deste estudo, com menores teores de farinha de banana verde (A1 e B1) teriam para este atributo uma maior aceitação.

Segundo Brasil (2001), a cor escura na farinha ocorre devido à presença de resíduos (casca) no farelo, que podem ser removidas por processo adequado de moagem. Isso pode justificar a influência que a farinha de banana verde processada com casca exerceu na cor de todas as formulações deste estudo, tornando-as mais escuras.

5.2.3 Perfil de aminoácidos das matérias-primas e das formulações

O valor biológico de uma proteína é avaliado de acordo com o perfil de aminoácidos em sua constituição (LEHNINGER, 2000). Para a caracterização do perfil de aminoácidos foram selecionados os ingredientes individuais: farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó e as mesmas formulações selecionadas para a análise de MEV (A4 e B4). Com base na caracterização individual dos ingredientes, teor de proteína e percentual utilizado do ingrediente em cada formulação é possível estabelecer uma composição aproximada em aminoácidos para todas as formulações.

Os aminoácidos totais encontrados nas matérias-primas (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral) estão expressos na Tabela 10, sendo comparados

ao padrão de referência para adultos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 1990).

Tabela 10. Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) das matérias- primas, padrão de referência (FAO, 1990).

Aminoácidos (AA)	Teor de aminoácidos (mg/g)			Padrão FAO/WHO ^a
	Farinha de banana verde	Isolado protéico de soja	Leite integral em pó	
Aminoácidos essenciais				
Histidina	0,41 ^b	1,82 ^a	0,59 ^b	16
Treonina	0,32 ^c	3,22 ^a	1,13 ^b	9
Lisina	0,07 ^c	5,41 ^a	2,03 ^b	16
Metionina	0,04 ^c	1,39 ^a	0,89 ^b	17
Cisteína	0,07 ^b	1,46 ^a	0,40 ^b	-
Isoleucina**	0,19 ^c	4,45 ^a	1,60 ^b	13
Leucina**	0,23 ^c	6,82 ^a	2,59 ^b	19
Valina**	0,20 ^c	4,53 ^a	1,88 ^b	13
Fenilalanina	0,33 ^c	5,22 ^a	1,59 ^b	19
Tirosina	0,25 ^c	3,86 ^a	1,67 ^b	-
Aminoácidos não essenciais				
Asparagina	0,21 ^c	4,83 ^a	0,80 ^b	-
Glutamina	0,01 ^c	9,97 ^a	3,03 ^b	-
Serina	0,18 ^c	4,37 ^a	1,43 ^b	-
Glicina	0,28 ^b	3,78 ^a	0,58 ^b	-
Arginina	0,29 ^c	7,78 ^a	1,17 ^b	-
Alanina	0,18 ^c	3,66 ^a	0,96 ^b	-
Prolina	0,40 ^c	4,78 ^a	3,10 ^b	-
Total (mg/g)	3,66	77,35	25,44	

* Médias com letras iguais na linha não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

^A Teor de aminoácidos recomendados para adultos na faixa etária acima de 18 anos (FAO/WHO, 1990).

**Aminoácidos de cadeia ramificada

Os valores observados na Tabela 10 mostram que a farinha de banana verde não representa isoladamente uma alternativa nutricional favorável em termos de proteínas com alto valor biológico, quando comparada com as outras duas matérias-primas. Segundo

Sgarbieri (1996) a proteína para ser considerada ideal sob ponto de vista nutricional deve fornecer todos os aminoácidos essenciais na quantidade ideal para os propósitos anabólicos e de manutenção do organismo. Já o isolado protéico de soja apresenta-se com uma fonte nutricional com melhor qualidade e quantidade de aminoácidos essenciais, além de ser também a melhor fonte para fornecimento de aminoácidos não essenciais. A elaboração de produtos com adição de tal componente protéico é a mais indicada em termos nutricionais de acordo com a FAO (1990).

Observa-se ainda que o aminoácido metionina apresenta-se como limitante em todas as matérias-primas analisadas. Tal aminoácido, segundo Dutra (2003), juntamente com a glicina e arginina, participam da síntese de creatina para regenerar o ATP muscular. Seu produto de excreção é a creatina fosfato, que funciona como indicador de degradação tecidual.

Outro grupo de aminoácidos essenciais de grande destaque no isolado protéico de soja são os aminoácidos de cadeia ramificada, que correspondem a isoleucina, valina e leucina, e que equivalem em percentual a 34%, 35% e 36% das recomendações dietéticas para adultos. Esses resultados superam as demais matérias-primas, tais como farinha de banana verde e leite integral em pó. Esses aminoácidos ganham destaque, nesse contexto, pela função em fornecer energia em atividades físicas prolongadas, como as de *endurance* (atividades físicas realizadas durante mais de 90 minutos). Durante a oxidação desses aminoácidos ocorre a formação de intermediários do ciclo de Krebs, contribuindo assim para a manutenção da glicemia através do ciclo alanina-glicose, reduzindo as chances de outro aminoácido essencial, o triptofano plasmático, de chegar à barreira hemato-encefálica, diminuindo a produção de serotonina no cérebro, provável responsável pela fadiga central (MACDLE *et al.*, 2004). Sendo assim, o isolado protéico de soja, mostra-se como uma matéria-prima ideal para ser usada na elaboração de produtos dietéticos esportivos.

Em relação aos aminoácidos não essenciais, o maior valor encontrado foi da glutamina com 9,97mg/g de proteína também presente na amostra de isolado protéico de soja. Este aminoácido é um dos mais importantes no metabolismo energético. Entretanto, baixas taxas de produção e liberação de glutamina pelos músculos esqueléticos podem ocorrer pelo excesso de treinamento (MOTT, 1997). A diminuição da disponibilidade desse aminoácido para as células do sistema imune provoca baixa na imunidade, pois a glutamina

está ligada diretamente à indução de síntese de linfócitos, tornando os praticantes de atividades físicas susceptíveis a processos infecciosos (MACDLE *et al.*, 2004).

Na Tabela 11 são apresentados os valores de aminoácidos totais encontrados nas formulações A4 e B4 selecionadas para serem comparados ao padrão de referência para adultos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 1990).

Tabela 11. Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) das formulação tipo A e B, padrão de referência (FAO, 1990).

Aminoácidos (AA)	Formulação A4	Formulação B4	Padrão FAO/WHO ^a
	Teor de aminoácidos (mg/g)	Teor de aminoácidos (mg/g)	
Aminoácidos essenciais			
Histidina	0,33 ^a	0,33 ^a	16
Treonina	0,97 ^a	0,53 ^b	9
Lisina	0,67 ^a	0,20 ^b	16
Metionina ^b	0,20 ^a	0,29 ^a	17
Cisteína	0,29 ^a	0,18 ^a	-
Isoleucina ^{**}	1,13 ^a	0,54 ^b	13
Leucina ^{**}	1,59 ^a	0,72 ^b	19
Valina ^{**}	1,11 ^a	0,62 ^b	13
Fenilalanina ^c	1,38 ^a	0,85 ^b	19
Tirosina	1,02 ^a	0,69 ^b	-
Aminoácidos não essenciais			
Asparagina	1,13 ^a	0,19 ^b	-
Glutamina	2,44 ^a	0,63 ^b	-
Serina	1,17 ^a	0,58 ^b	-
Glicina	1,03 ^a	0,37 ^b	-
Arginina	1,86 ^a	0,51 ^b	-
Alanina	0,74 ^a	0,48 ^a	-
Prolina	1,37 ^a	2,55 ^b	-
Total (mg/g)	18,43	10,26	

* Médias com letras iguais na linha não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

^A Teor de aminoácidos recomendados para adultos na faixa etária acima de 18 anos (FAO/WHO, 1990)

^b Metionina + Cisteína.

^c Fenilalanina + Tirosina

**Aminoácidos de cadeia ramificada

Em termos nutricionais, a formulação A4 em comparação à formulação B4 fornece uma maior quantidade total de aminoácidos. Destaca-se ainda pela quantidade de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina) e pela quantidade de aminoácidos não-essenciais (asparagina, glutamina, serina, e arginina) fornecidos. No entanto, as duas formulações A4 e B4, fornecem ainda quantidades de aminoácidos muito abaixo da recomendação da FAO para adultos. Observa-se que o aminoácido metionina apresenta-se como limitante em todas as matérias-primas e formulações analisadas. Segundo a FAO (1990), o aminoácido limitante é aquele que apresenta maior déficit.

5.2.4 Propriedades funcionais tecnológicas das formulações

Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os valores médios dos índices de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) das formulações elaboradas com isolado protéico de soja e leite integral em pó.

Tabela 12. Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade em água (ISA) das formulações com isolado protéico de soja.

Formulações			Composição (%) (FBV/IPS/AÇ)
Tipo A	IAA	ISA	
A1	3,92±0,18 ^c	51,54±2,01 ^a	(10/ 40 /50)
A2	4,41±0,15 ^d	54,22±1,21 ^a	(15/ 35 /50)
A3	4,61±0,08 ^d	53,64±0,83 ^a	(20/ 30 /50)
A4	4,97±0,13 ^c	53,76±1,06 ^a	(25/ 25 /50)
A5	5,16±0,09 ^c	52,46±1,46 ^a	(30/ 20 /50)
A6	5,71±0,21 ^b	51,50±2,03 ^a	(35/ 15 /50)
A7	6,36±0,06 ^a	51,21±0,67 ^a	(40/ 10 /50)

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para as formulações com isolado protéico de soja (A), em relação aos valores de IAA observou-se que as formulações (A1, A6 e A7) são diferentes significativamente entre si e em relação às demais formulações elaboradas (A2, A3, A4 e A5), sendo que as formulações A6 e A7 apresentam valores maiores de IAA quando comparadas à

formulação A1. Em relação aos valores do ISA, nenhuma das formulações apresentou diferença significativa entre si.

Tabela 13. Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade em água (ISA) das formulações com leite integral em pó.

Formulações		Composição (%) (FBV/LI/AÇ)	
Tipo B	IAA	ISA	
B1	3,03±0,07 ^d	84,06±0,66 ^a	(10/ 40 /50)
B2	3,10±0,05 ^{c,d}	79,40±0,07 ^b	(15/ 35 /50)
B3	3,31±0,08 ^{a,b,c,d}	75,85±0,56 ^c	(20/ 30 /50)
B4	3,21±0,15 ^{c, a, b,c,d}	72,28±0,28 ^d	(25/ 25 /50)
B5	3,36±0,05 ^{a,b,c}	67,81±0,96 ^e	(30/ 20 /50)
B6	3,44±0,01 ^a	57,86±1,57 ^f	(35/ 15 /50)
B7	3,43±0,23 ^a	51,50±2,03 ^g	(40/ 10 /50)

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Já para as formulações com leite integral em pó (B), em relação aos valores do IAA, observou-se que as formulações B1e B2 que não apresentam diferença significativa entre si, diferenciam-se igualmente tanto da formulação B6, quanto da formulação B7. Destaca-se ainda o fato da formulação B5 diferenciar-se significativamente somente da formulação B1. Em relação aos valores do ISA, todas as formulações apresentaram diferença significativa entre si.

Nas Tabelas 12 e 13 pôde-se observar o efeito das proporções do ingrediente protéico (isolado protéico de soja e leite integral em pó) nas formulações elaboradas. Nota-se que à medida que se aumenta a proporção do ingrediente protéico, ocorre diminuição do IAA, sendo especialmente significativo entre as formulações A7, A6 e A1 (com 10%, 15% e 40% de isolado protéico de soja) e entre as formulações B7, B5, e B1 (com 10%, 20% e 40% de leite integral em pó).

Observa-se que valores de IAA diminuíram de forma linear à medida que se aumentou a proporção do ingrediente protéico. Esses resultados foram semelhantes aos

encontrados por Chauhan e Bains (2005) e Noguchi *et al.* (1981) em produtos extrusados feitos com mistura de arroz e isolado protéico de soja para elaboração de mingaus.

Segundo Nath e Rao (1981) tal redução do IAA é ocasionada pela existência de uma conformação de proteína que não permite que os sítios ligantes sejam estericamente disponíveis para a interação com as moléculas de água. O impedimento estérico desses sítios resulta em baixos valores de IAA. Ainda conforme Wagner e Anon (1990), a alta hidrofobicidade superficial das proteínas do isolado protéico de soja e do leite integral em pó, por exemplo, promove a formação de uma matriz protéica (estabilizada pelas interações hidrofóbicas) capaz de reter quantidade significativa de água na sua estrutura, resultando em diminuição do IAA.

Em relação aos valores de ISA observa-se o aumento linear à medida que se aumentou a proporção do ingrediente protéico, sendo significativo nas formulações B7, B6, B5, B4, B3, B2 e B1 (com 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% e 40% de leite integral em pó). Resultado semelhante ao encontrado neste estudo foi relatado por Chauhan e Bains (2005) estudando produtos extrusados e farinhas compostas de arroz e isolado protéico de soja.

Em contrapartida, nas Tabelas 12 e 13 pôde-se também observar o efeito do ingrediente amiláceo nas formulações. Nota-se o aumento do IAA, à medida que se aumentou a proporção do ingrediente amiláceo.

Segundo Perez e Germani (2004), este aumento de IAA pode ocorrer em virtude da maior quantidade de fibras com grande capacidade de absorver água existente em amostras como a farinha de banana verde (ingrediente amiláceo). Este fato é bem expressivo e significativo, justificando os valores superiores de IAA encontrados nas formulações A7 e B7, elaboradas com maior proporção (40%) de ingrediente amiláceo. Para estes autores, o aumento de IAA é benéfico para formulações destinadas a elaboração de produtos de panificação, pois permitirá maior incorporação de água à massa, aumentando o rendimento dos produtos finais.

Outros autores, como Hibi (2002), acreditam que os valores do ISA estejam também relacionados com a retrogradação da amilose, pois a mesma diminui a solubilidade em água. Se este for o caso, isso justificaria o menor valor de ISA significativo encontrado na

formulação B7 elaborada com maior proporção (40%) do ingrediente amiláceo, sofrendo, portanto, maior influência no caso de retrogradação da amilose.

Segundo Hutton e Campbell (2003) o IAA e o ISA podem ser correlacionados contrariamente até certo ponto. Cheftel *et al.* (2004) afirmaram que a absorção de água aumenta com a diminuição da solubilidade, como pode-se observar nas formulações do tipo B.

5.2.5. Viscosidade das formulações

Para a análise de viscosidade foram selecionadas seis formulações: três com isolado de soja e três com leite integral em pó. Além das formulações intermediárias (A4 e B4) já selecionadas nas análises anteriores acrescentaram-se aqui as formulações dos pontos extremos, isto é, com a maior e a menor concentração de farinha de banana.

Desta forma foi possível avaliar o efeito da adição de farinha de banana no comportamento da viscosidade das formulações. As formulações selecionadas foram: A1, A4 e A7 com isolado de soja e B1, B4 e B7 com leite integral em pó.

Os resultados da análise de viscosidade das formulações selecionadas são apresentados a seguir.

Tabela 14. Viscosidade das formulações.

Composição (%) (FBV/FP/AÇ)	Formulações	T° C viscosidade máxima	Viscosidade máxima (cP.)	Viscosidade mínima a T° C constante	Viscosidade final no ciclo de resfriamento (cP.)
(10/ 40 /50)	A1	-	64,0 ^e ±0,56	35,5 ^e ±0,65	47,0 ^e ±0,23
(25/ 25 /50)	A4	-	78,5 ^c ±0,43	68,5 ^c ±0,76	96,5 ^c ±0,98
(40/ 10 /50)	A7	-	194 ^a ±0,23	176 ^a ±0,14	288 ^a ±0,67
(10/ 40 /50)	B1	-	20,5 ^f ±0,53	9,00 ^f ±0,93	18,0 ^f ±0,23
(25/ 25 /50)	B4	-	68,5 ^d ±0,23	62,0 ^d ±0,03	77,0 ^d ±0,08
(40/ 10 /50)	B7	-	95,0 ^b ±0,03	79,5 ^b ±0,78	155,5 ^b ±0,23

* Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

FP= fonte protéica

A= Formulação com isolado protéico de soja

B= Formulação com leite integral em pó

Nos resultados apresentados na Tabela 14, observa-se que não foi possível determinar a temperatura de viscosidade máxima. Segundo Borges (2003) e Zhang *et al.* (2005) isso ocorre quando as amostras ou os amidos encontram-se pré-gelatinizados.

Observa-se que com a diminuição das proporções do ingrediente protéico (40%, 25% e 10%) e o consequente aumento das proporções do ingrediente amiláceo (10%, 25% e 40%), ocorre o aumento significativo da viscosidade máxima, da viscosidade mínima à temperatura constante e da viscosidade final no ciclo de resfriamento em todas as formulações analisadas. Maia (2005) estudou as mesmas propriedades funcionais (IAA, ISA e viscosidade) em diferentes formulações de mingau de amido de arroz com farinha de soja e observou o mesmo padrão de comportamento.

Segundo Silveira *et al.* (1981) o amido é o principal responsável pela viscosidade e com a diminuição do ingrediente protéico (isolado protéico de soja ou leite integral em pó) nas formulações, aumenta-se a quantidade de amido presente nas mesmas, resultando no aumento de viscosidade.

Outro fator que pode contribuir para o aumento da viscosidade é a maior quantidade de água disponível para a gelatinização do amido e a menor interação desta água com a proteína, justificando assim os valores superiores e significativos de viscosidade encontrados nas formulações A7 e B7.

Segundo Silveira *et al.* (1981) o amido é o principal responsável pela viscosidade e com a diminuição do ingrediente protéico (isolado protéico de soja ou leite integral em pó) nas formulações, aumentou-se a quantidade de amido presente, resultando no aumento de viscosidade. Outro fator que pode contribuir para o aumento da viscosidade é a quantidade da água disponível para a gelatinização do amido por esse necessitar de interação com a proteína.

El-Saied *et al.* (1979) constataram que o conteúdo de proteína é contrariamente correlacionado com a viscosidade máxima. Isso porque a proteína pode atuar como uma barreira física ao entumescimento do amido, uma vez que os grânulos de amido são encaixados na matriz da proteína.

Em relação à viscosidade final no ciclo de resfriamento, que reflete o grau de retrogradação da amilose (MAZURS *et al.*,1957), de acordo com os resultados da Tabela 13, verifica-se que pode ter ocorrido retrogradação da amilose. Isso porque os valores numéricos de viscosidade final foram maiores que aqueles de viscosidade mínima à temperatura constante (MAZURS *et al.*,1957). A tendência a retrogradação é menor com o aumento das proporções do ingrediente protéico (A1 e B1). Estes resultados são semelhantes aos observados por Borges *et al.* (1998) que estudaram a viscosidade de pastas elaboradas com amido de arroz e soja.

As duas formulações com maior concentração de farinha (40%) e menor concentração do ingrediente protéico (10%), apresentaram em relação às demais formulações, valores relativamente altos de viscosidade máxima (194 a 95), indicando a possibilidade de sua utilização como cereais matinais, alimentos infantis ou ingredientes para seus preparos.

Segundo Sgarbieri (1996) a elaboração de formulações com mistura de ingredientes protéicos a outras matrizes alimentares, confere ao produto final propriedades funcionais muito importantes para o preparo de determinados alimentos bem como para sua aceitação pelo consumidor. Segundo o autor, tais propriedades funcionais das proteínas dependem de suas propriedades físicas e químicas que expressam o comportamento das proteínas em um sistema alimentício sob as condições de tratamento e conservação desse alimento.

5.2.5 Avaliação higroscópica das formulações

Uma vez que o comportamento higroscópico pode ser descrito não só experimentalmente, mas também através de modelos matemáticos, adotou-se o mesmo critério para a seleção das formulações A4 e B4 que foram analisadas experimentalmente.

Os dados das isotermas das formulações intermediárias (A4 e B4) estão apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Os dados das isotermas de cada formulação são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15. Dados de sorção para formulação A4.

Adsorção		Dessorção	
Aw	Umidade (gH₂O.100g⁻¹ b.s)	Aw	Umidade (gH₂O.100g⁻¹ b.s)
0,1445	2,51053864	0,878	43,9467477
0,147	2,54292529	0,872	49,6737757
0,171	2,6662365	0,8715	45,0408834
0,173	2,68818803	0,862	40,3782386
0,1735	3,00283311	0,8295	35,3903779
0,1925	3,00984795	0,744	23,7699819
0,2075	2,94623024	0,713	22,2290523
0,217	3,26321198	0,656	18,4836055
0,238	3,18477235	0,5645	13,8249803
0,2795	3,43888755	0,4975	11,0981503
0,3175	3,80770359	0,474	10,2699997
0,318	3,82892288	0,3915	8,10895493
0,319	3,21739906	0,3225	6,77847829
0,3315	3,85467778	0,292	5,50456111
0,4175	4,20995393	0,26	5,52396138
0,4225	4,38533018	0,246	5,61948317
0,4375	4,58462578	0,215	5,01372957
0,4845	4,90715032	0,205	4,93001575
0,514	5,25458918	0,1915	4,60326006
0,5145	5,02293366	0,188	4,45213038
0,687	7,55363501	0,1645	3,56237205
0,72	8,20570514	0,153	3,68487324
0,735	8,47772707	0,142	3,17591077
0,757	8,983122	-	-
0,783	9,91992813	-	-
0,789	10,4851209	-	-
0,8005	11,0436557	-	-
0,8145	13,0211795	-	-
0,8225	12,0756166	-	-
0,823	13,7892592	-	-
0,8255	15,1398064	-	-
0,85	33,0875833	-	-
0,8625	46,1489881	-	-
0,867	40,008351	-	-
0,8705	39,4689169	-	-
0,873	42,992221	-	-
0,8775	46,5462298	-	-
0,8775	49,011878	-	-
0,887	48,6578685	-	-
0,891	46,9409224	-	-

Tabela 16. Dados de sorção para formulação B4.

Adsorção		Dessorção	
Aw	Umidade (gH₂O.100g⁻¹ b.s)	Aw	Umidade (gH₂O.100g⁻¹ b.s)
0,1	1,9254	0,866	42,0316
0,263	2,5595	0,864	41,8764
0,276	2,7165	0,856	39,6249
0,324	2,8456	0,852	36,9331
0,333	3,3623	0,849	33,47551
0,334	3,409	0,839	35,6205
0,338	3,1807	0,797	30,527
0,352	3,1604	0,766	28,5289
0,352	3,2234	0,74	23,8092
0,4	3,9088	0,734	24,3619
0,401	4,1094	0,647	17,2334
0,405	4,083	0,63	16,9267
0,417	3,6858	0,62	14,9886
0,426	4,0051	0,55	13,4732
0,426	4,2015	0,474	10,8453
0,435	3,8468	0,426	9,9042
0,476	4,9373	0,414	8,97
0,48	4,935	0,337	7,1803
0,486	5,3822	0,283	6,6358
0,5	5,3035	0,283	7,0263
0,501	5,1567	0,247	5,3388
0,508	5,1682	0,214	5,3241
0,533	5,5156	0,199	3,2794
0,533	5,3481	-	-
0,573	4,8184	-	-
0,579	5,518	-	-
0,687	7,3387	-	-
0,75	7,8076	-	-
0,795	17,5268	-	-
0,796	15,9158	-	-
0,8	14,5814	-	-
0,803	13,8378	-	-
0,804	15,4949	-	-
0,805	12,3795	-	-
0,806	11,132	-	-
0,81	12,5953	-	-
0,812	22,9818	-	-
0,813	20,3678	-	-
0,814	20,7606	-	-
0,816	12,331	-	-
0,819	19,8196	-	-
0,827	25,2566	-	-
0,872	42,6273	-	-

As isotermas de sorção de umidade das formulações com isolado protéico de soja (A) e com leite integral em pó (B) são apresentadas nas Figuras 19 e 20, mostrando o efeito da histerese.

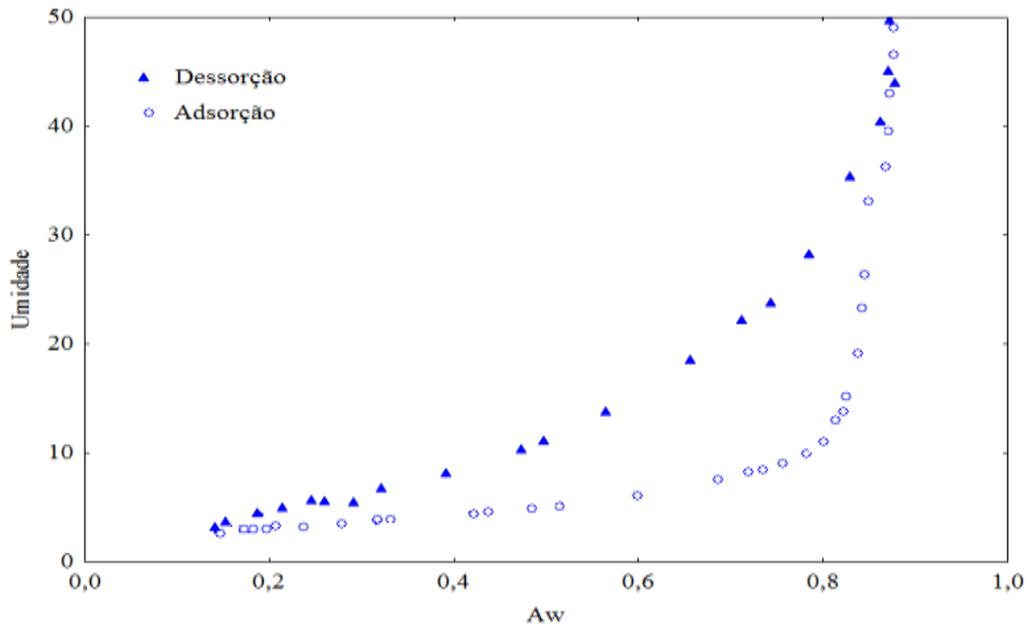


Figura 19. Isoterma de sorção da formulação com isolado protéico de soja (A).

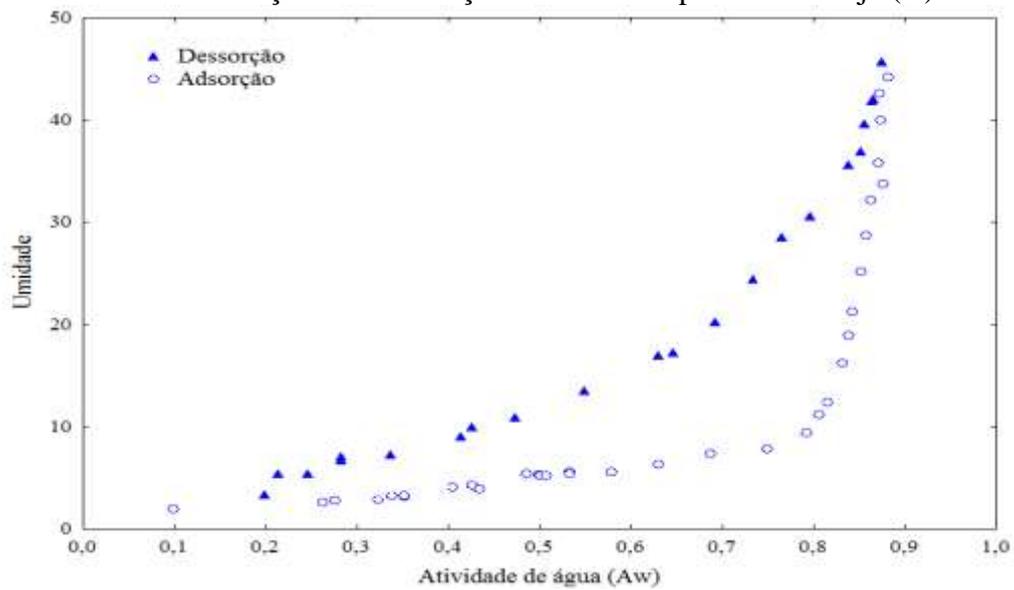


Figura 20. Isoterma de sorção da formulação com leite integral em pó (B).

De acordo com a IUPAC (1985) as isotermas de sorção das formulações apresentam formato similar a uma sigmóide, que é classificada como isoterma do tipo II. Segundo

Salwin (1963) produtos ricos em proteína e/ou amido, como é o caso do produto estudado, apresentam isotermas com este formato.

Nas Figuras 19 e 20 observa-se, que na faixa onde a atividade de água (a_w) varia de 0,3 a 0,8, há um maior aumento do teor de água. Este aumento é consequência da presença de substâncias solúveis. A água presente nesta fase está ligada por forças de natureza capilar ou osmótica e se mantém disponível para as reações bioquímicas (LOISEL, 1988).

Segundo Assunção e Pena (2007) esse comportamento indica que o produto requer maiores cuidados ao ser manipulado ou armazenado em ambientes com umidades relativas superiores a 50%, pois estará mais susceptível a umidificação e em função do nível de a_w atingido, mais propício a deteriorações causadas por reações indesejáveis e proliferação de microorganismos.

Observou-se alterações na cor e aroma das formulações com isolado protéico de soja e com leite integral em pó no decorrer das análises. Tal fato se dá possivelmente pela oxidação dos componentes presentes no produto e outras alterações bioquímicas que ocorreram com o aumento da umidade do produto (FELOWS, 2000).

Observou-se também que nas Figuras 19 e 20 o efeito de histerese a 25°C. Segundo Labuza (1968) este efeito inicia-se na região de condensação capilar, onde a a_w é próxima de 0,8 e vai prolongando-se até a região da monocamada, onde a a_w está próxima de 0,2.

Nas Tabelas 17 e 18 são apresentados os valores dos coeficientes de determinação (R^2) encontrados pelos modelos para as duas isotermas.

Tabela 17. Isoterma A4: Coeficientes de determinação (R^2) obtidos através dos ajustes.

Equação	Adsorção	Dessorção	Média
GAB	0,9670	0,9965	0,9817
BET completa	0,9642	0,9892	0,9972
Anderson	0,9642	0,9892	0,9767
Anderson e Hall	0,9643	0,9966	0,9804

Tabela 18. Isoterma B4: Coeficientes de determinação (R^2) obtidos através dos ajustes.

Equação	Adsorção	Dessorção	Média
GAB	0,9242	0,9956	0,9599

BET completa	0,9645	0,9888	0,9766
Anderson	0,9645	0,9888	0,9766
Anderson e Hall	0,9242	0,9889	0,9565

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentados os desvios médios relativos (P) utilizados para avaliar os dados de adsorção e dessorção das formulações, ajustados aos modelos matemáticos.

Tabela 19. Isoterma A4: Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.

Equação	Adsorção	Dessorção	Média
GAB	4,161784	4,155724	4,15875
BET completa	3,411679	5,344417	4,37805
Anderson	4,161784	7,796948	5,97937
Anderson e Hall	4,161828	7,796944	5,97939

Tabela 20. Isoterma B4: Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.

Equação	Adsorção	Dessorção	Média
GAB	4,261784	4,155724	4,20875
BET completa	3,811679	4,644417	4,22804
Anderson	4,163784	7,796948	5,98036
Anderson e Hall	4,166828	7,798944	5,98288

Analisando os valores de R^2 observa-se que todos os modelos se ajustaram à predição da isoterma de sorção das formulações. Porém, embora estas equações tenham apresentado valores de R^2 aceitáveis (maiores do que 0,90), as equações de GAB e BET completa apresentaram valores de P menores do que 5%, sendo então consideradas as equações com melhor ajuste para este estudo.

O valor de umidade para a monocamada foi calculado através da equação de GAB para as duas isotermas, onde o valor da monocamada e os valores das constantes C e K são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Parâmetros para os dados de sorção das formulações A4 e B4.

Formulação	Equação de GAB	Adsorção	Dessorção
A4	mo (g H ₂ O.100 g ⁻¹ b.s.)	2,08	5,28
	C	16,12	15,36
	K	1	1
B4	mo (g H ₂ O.100 g ⁻¹ b.s.)	1,9	6
	C	27,12	29,21
	K	1,1	1,1

Como a a_w do produto é inferior 0,3 e a estabilidade microbiológica dependente exclusivamente deste fator estará altamente assegurada (ANVISA, 2001). No entanto, outros fatores extrínsecos e intrínsecos devem ser considerados para garantir a estabilidade de produtos elaborados a partir dessas formulações.

5.2.6 Análise microbiológica da farinha de banana verde e das formulações

As análises microbiológicas foram realizadas na farinha de banana e nas duas formulações intermediárias, uma com isolado protéico de soja (A4) e uma com leite integral (B4). Na Tabela 22 estão apresentados os resultados encontrados para as análises microbiológicas da farinha de banana verde e das formulações.

Tabela 22. Avaliação microbiológica da farinha de banana com casca e das formulações.

Amostra	Coliformes a 45°C (NMP/g)*	<i>Salmonella sp</i> (em 25g)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)**
FBV	< 3	Ausência	<10
A4	< 3	Ausência	<10
B4	< 3	Ausência	<10

FBVCC= Farinha de banana verde com casca.

*NMP – número mais provável.

**UFC – unidade formadora de colônia.

Os resultados das análises microbiológicas mostraram que a farinha e as formulações estão de acordo com os padrões determinados para farinhas pela legislação vigente, resolução 12/1978, garantindo que esses produtos estão aptos para o consumo (BRASIL, 2001).

Os valores apresentados para coliformes a 45°C e para *Bacillus cereus*, comprovam que os produtos foram elaborados em condições higiênico-sanitárias satisfatórias, pois as amostras analisadas apresentaram resultados muito abaixo dos níveis de tolerância máxima exigidos pela legislação que é de $10^2/g$ para coliformes e de 3×10^3 para *Bacillus*, respectivamente. A ausência de *Salmonella sp* em 25g de amostra, indica que todas as etapas de processamento da farinha foram realizadas de forma eficiente, seguindo todos os cuidados necessários para a obtenção de um produto alimentício seguro para o consumo (BRASIL, 2001).

6. CONCLUSÃO

A farinha de banana verde pode aumentar o número de possibilidades em matérias-primas regionais a serem utilizadas pela indústria alimentícia no processamento e/ou enriquecimento de outros produtos.

O teor de fibras totais presentes na farinha de banana verde é bastante desejável do ponto de vista nutricional, mostrando a importância de se processar o fruto com a casca, diminuindo o nível de resíduos gerados na indústria.

A riqueza de minerais encontrados na farinha de banana verde representa uma alternativa nutricional para macrominerais como cálcio, fósforo, potássio e magnésio e microminerais como ferro, manganês e zinco.

As formulações A1, B1, A7 e B7 destacam-se em relação aos parâmetros de índice de absorção de água, índice de solubilidade em água, viscosidade e cor, sendo estas indicadas para elaboração de cereais matinais, alimentos infantis ou ingredientes para elaboração dos mesmos.

O isolado protéico de soja e o leite integral em pó são boas fontes fornecedoras de aminoácidos essenciais, ao contrário da farinha de banana verde que não representa uma boa fonte em termos desses nutrientes. A elaboração de formulações com mistura de tais fontes protéicas garante uma significativa relevância em aminoácidos essenciais, destacando-se os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), atendendo em parte às necessidades diárias para adultos estipuladas pela FAO.

As formulações estudadas são consideradas microbiologicamente estáveis, pois apresentam um teor de umidade inferior a 30 g H₂O/100 g b.s.

Os produtos elaborados ou enriquecidos com tais matérias-primas (farinha de banana verde, isolado protéico de soja e leite integral em pó) podem fornecer alimentos atrativos do ponto de vista nutricional suprimindo a expectativa de consumidores que buscam produtos saudáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul: AACC, 1995.

AGRIANUAL. Banana. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. p. 229-234, 2003.

ALMEIDA, C. O. de; SOUZA, J. S.; CORDEIRO, Z. J. M. Aspectos Econômicos. In: MATSUURA, F.C. A.U.; FOLEGATTI, M.I.S. (Ed.) **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 71 p. (Frutas do Brasil, 16), 2001.

AMBRIZ, S. L. R.; HERNÁNDEZ, J. J. I.; ACEVEDO, E. A.; TOVAR, J.; PÉREZ, L. A. B. Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chemistry**, n. 107, p. 1515–1521, oct. 2008.

ANDERSON, J. W. e AKANJI, A. O. Treatment of diabetes with high fiber diets. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p. 443-470.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington: Horwitz, v. 2, 1997, 850 p.

APLEVICZ, S. K e DEMIATE, M. I. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 478-484, jul./set. 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, 416 p.

ARAÚJO, M. S. **Falando de panificação**. 2. ed. São Paulo: W. Cor Gráfica, 1994, 235 p.

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.

ARRUDA, A. Banana para dar e vender! **Folha de São Paulo**, 22 de maio de 2002.

ASP, N-G.; VAN AMELSVOORT, J. M. M.; HAUTVAST, J. G. A. J. **EURESTA physiological implication of consumption of resistant starch in man** (European FLAIR – concerted action n.11 – COST 911) s.l.p.; Flair [Proceedings of the concluding, plenary meeting of EURESTA]: 1994, p. 204.

ASSUNÇÃO, A. B., PENA, R. S. Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão-rosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 27, p.786-793, out./dez. 2007.

BAKAR, J. e HIN, Y. S. High-protein rice-soya breakfast cereal. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 8, n. 3-4, p. 163-174, 1994.

BÄR, W. H. Efeito da granulometria na viscosidade e absorção de água de amostras de farinha de milho. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 109-114, 1999.

BENASSI, V. de T.; WATANEBE, E.; lobo, A. R. P. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 19, n. 129, p. 222-242, jan./jun. 2001.

BIANCHI, J. Banana verde, uma trajetória gastronômica. **Journal Valor**, D6, 3 de abril de 2002.

BJORCK, I.; NYMAN, M.; PEDERSEN, B.; SILJESTROM, M. ASP, N. G.; EGGUM, B.O. On the digestibility of starch in wheat bread studies in vitro and in vivo. **Journal Cereal Science**, v. 4, p. 1-11, 1986.

BJÖRCK, I. et al. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59 (suppl), p. 699S-705S, 1994.

BORGES, G. G.; WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; ASCHERI, J. L. R.; MAIA, L. H. Viscosidad de pasta, absorcion de água y absorción de grasa de gachas deshidratadas elaboradas con maiz y soya. **Alimentaria**, Madrid, v. 35, n. 295, p. 63-66, 1998.

BORGES, R. M. T. M. **Potencial vitamínico da banana verde e de produtos derivados**. Campinas SP, 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

BORGES, A. M. **Caracterização e estabilidade de pré-misturas para bolos à base de farinha de banana verde**. Lavras MG, 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - UFL, Universidade Federal de Lavras.

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, 2005.

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), Portaria n° 594, de 12 de Dezembro de 2000. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, **Diário Oficial**. Brasília, DF, 12 de dezembro de 2000.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria n° 222, de 24 de março de 1998. Regulamento Técnico referente a Alimentos para Praticantes de Atividade Física, **Diário Oficial**. Brasília, DF, 24 de março de 1998b.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria n° 27, de 13 de Janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à Informação nutricional complementar, **Diário Oficial**. Brasília, DF, 13 de janeiro de 1998c.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria nº. 29, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial**. Brasília, DF, 15 de janeiro de 1998d.

BROUNS, F; KETTLITZ, B; ARRIGONI, E. Resistant starch and the butyrate revolution. **Journal of Food Science and Technology**, v. 13, p. 251-261, 2002.

CAMBRODÓN, I.G.; MARTÍN-CARRÓN, N. Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente. *In*: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (eds). **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**. São Paulo: Varela, 2001, p. 311-338.

CAMPOS, F. R. A.; VERAS, P. M. **Estudo da Inativação enzimática da Polifeniloxidade em banana verde da variedade Nanicão (*Musa Acuminata* AAA) para produção de farinha**. Belém PA, 2008, 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - UFPA, Universidade Federal do Pará.

CÂNDIDO, L. M. B. **Obtenção de concentrados e hidrolisados protéicos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): composição, propriedades nutritivas e funcionais**. Campinas SP, 1998, 104 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

CARSON, E. M. **Functional properties of banana starch**, 1971, *In*: Tese (Masters of Science). Garcia, E.; Lajolo, FM. Starch transformation during banana ripening: the amylase and glucosidade behavior. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 4, p. 1181-1186, 1998.

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 2, n. 8, set./dez. 2004.

CEROVIC, A; MILLETIC, I; SOBAJIC, S. Effects of zinc on the mineralization of bone nodules from human osteoblast-like cells. **Biological Trace Elements Research**, v. 116, p. 61-71, 2007.

CHANG, H. C.; CHURCHWELL, M. I.; DELCLOS, K. B.; NEWBOLD, N. N.; DOERGE, D. R. Mass spectrometric determination of genistein tissue distribution in diet-exposed sprague-dawley rats. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1963-1970, 2000.

CHAMP, M.; LANGKILDE, A.; BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; BAIL-COLLET, Y. L. Advances in dietary fiber characterization. 2. Consumption, chemistry, physiology and measurement of resistant starch; implications for health and food labeling. **Nutrition Research Review**, v. 16, p. 143-161, 2003.

CHAUHAN, G. S. e BAINS, G. S. Effect of defatted soy flour on the physico-chemical characteristics of extruded rice products. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 22, n. 2, p. 155-158, 1985.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentares**. Zaragoza: Acribia, 2004. 346 p.

CHAVES, A. Produção e uso dos amidos. **Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas**. cap. 2, jun./set. 2007. Disponível em: <www.abam.com.br/livroscargil/ Acesso em: 12 de jun. 2009.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 - A review. **Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 159-174, 1978.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.

COELHO, K. D. **Desenvolvimento e avaliação da aceitação de cereais matinais e barras de cereais à base de amaranto (*Amaranthus carentus* L.)**. São Paulo SP, 2006, 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - USP, Universidade de São Paulo.

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

CORDENUNSI, B. R. Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionais iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006.

CORDENUNSI, B. R.; MENEZES, E. W.; MOTA, R. V. da; LAJOLO, F. M. Composição em carboidratos em banana verde e madura de diferentes cultivares. 1998. Seminário del proyecto de investigación precompetitiva CYTED XI.8. Quito, 1998, p. 15-22. **ANAIS**. Quito: Anais da Conferência realizada em Baños, Equador, 1998.

COSTA, L. A. **Caracterização do resíduo da fabricação de farinha de mandioca e seu aproveitamento no desenvolvimento de alimentos em barras**. Florianópolis SC, 2000, 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

CUMMINGS, J. H.; BEATTY, E. R.; KINGMAN, S.; BRIGHAM, S. A.; ENGLYST, H. N. Laxative properties of resistant starch. **Gastroenterology**, v. 102, p. A548 (abstract), 1992.

CUMMINGS, J. H.; BEATTY, E. R.; KINGMAN, S.; BRIGHAM, S. A.; ENGLYST, H. N. Digestión and physical properties of resistant in the human large bowel. **Brasilian Journal of Nutrition**, v. 75, p. 733-747, 1996.

DENARDIN, C.C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos**. Rio Grande do Sul, 2008, 196 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos) - UFSM, Universidade Federal de Santa Maria.

DELAHAYE, E. P.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciência**, v. 34, n. 4, abr. 2008.

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

DURIGAN, J. F. e RUGGIERO, C. **Bananas de qualidade**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1995, 37 p.

DUTRA-DE-OLIVEIRA J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**, São Paulo: Savier, p. 43-48, 2003.

EL-DASH, A. e GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas e sua aplicação**: mistas na produção de bolos. Brasília: EMBRAPA-SPI, v. 7, p. 31, 1994.

ELIASSON, A. C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 1996, 561 p.

ELYATEM, S. M., BANKS, N. H., CAMERON, A. C. Oxygen concentrations effects on ethylene production by ripening banana tissue. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 4, p. 343-351, 1994.

EL-SAIED, H. M.; AHMED, E. A.; ROUSHDI, M.; EL-ATTAR, W. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behaviour of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. **Starch/Stärke**, New York, v. 31, n. 8, p. 270-274, 1979.

EMBRAPA. **A cultura da banana**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Brasília: Coleção Plantar, v. 16, 1994, 81 p.

EMBRAPA. **A cultura da banana**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Brasília: Coleção Plantar, v. 21, 2005, 56 p.

FÁVARO, T. Ano bom para a banana. **O Estado de São Paulo**. Suplemento Agrícola, n. 2465, p. 6-7, 5 de fevereiro de 2003.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nation / World Health Organization. Report on a joint FAO/WHO **Expert Consolation on Protein Quality Evaluation**, Bethesda, USA, 1990.

FAO. 1999. Los **Carbohidratos en la Nutrición humana**, consulta FAO/OMS. Roma, p. 78-79, 1999.

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

http://www.infocentral.com.br/cta/revistas/vol_027/nr_3/6_Finalizad_v27n3a1791.pdf.
Acesso em: 4 de jul. 2009.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. ; BORGIO, L. A.; MANICA, I. Atributos de qualidade de banana prata comercializada entre Setembro/97 e Agosto/98 em quatro estabelecimentos em Brasília – DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 372-374, 1999.

FELLOWS, P. J. **Food processing technology: principles and practice**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3. ed. New York: Marcell Decker, 1996. 1067 p.

FIBRA NEWS. **Fibras**. Centro de Informações sobre fibras alimentares. Ed. Especial. São Paulo, 1990. 32 p.

FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 10, out. 2003. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec2-1003.pdf>. Acesso em: 4 de jul. 2008.

FLOURIE, B.; FLORENTE, C.; JOUANY, J. P.; THIVEND, P.; ETANCHAUD, F. RAMBAUD, J. C. Colonic metabolism of wheat starch in healthy humans. **Gastroenterology**, v. 90, p. 111-119, 1986.

FOX, P. F. e MCSWEENEY, P. L. H. Milk proteins. *In*: FOX, P. F. **Dairy chemistry and Biochemistry**. (Ed). London: Blackie Academic e Professional, p. 147-238, 1998.

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

FREITAS, D. G.; MORETTI, R. H, Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, característica físico-química e textura durante o armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Caracas, n. 3, v. 55, set. 2005.

FREITAS, D. G. C. **Desenvolvimento e estudo da estabilidade de barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico**. Campinas SP, 2005, 216 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

FREITAS, M. C. J. e TAVARES, D. de Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (AAA-NANICÃO E AAB-*Musa Musa* TERRA). **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 217-222, abr./jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n2/25013.pdf>. Acesso em: 4 de jul. 2009.

GAL, S. The need for and practical applications of sorption data. **Physical Properties of Foods**, p. 13-25, 1983.

GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L. V. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997, 84 p.

GARCIA, J. E., ACEVEDO, E. A., AYERDI, S. G. S., AMBRIZ, S. L. R. e PÉREZ, L. A. B. Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, p. 131-137, 2006.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciências Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 240-245, maio./ago. 2000.

GORBACH, S. L. e GOLDIN, B. R. Nutrition and the gastrointestinal microflora. **Nutritional Reviews**, v. 50, p. 378-381, 1992.

GOWEN, S. **Bananas and Plantains**. London: Champman Hall. World crop series. 1. ed. 1995, 612 p.

GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo, 1972. 460 p.

GUINESI, L.S.; DA RÓZ, A.L.; CORRADINI, E.; MATTOSO, L.H.C; TEIXEIRA, E.M. CURVELO, A.A.S. Kinetics of thermal degradation applied to starches from different botanical origins by non-isothermal procedures. **Thermochemical Acta**, Amsterdam, v. 447, p. 190-196, 2006.

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

HENG, L.; KONINGSVELD, V. G. A.; GRUPPEN, H.; BOEKEL, M. A. J. S.; VINCKEN, J. P; ROOZEN, J. P; VORAGEN, A. G. J. Protein-flavour interactions in relation to development of novel protein foods. **Food Science Technology**, v. 15, n. 3-4, p. 217-224, 2004.

HIBI, H. Y. Effect of lipids on the viscoelastic properties of rice starch gel. **Starch/Stärke**, New York, v. 46, n. 2, p. 44-48, 2002.

HUTTON, C. W. e CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems; nitrogen solubility index and water absorption. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 2, p. 454-456, 1977.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Programa SIDRA: Bancos de Dados (2008) Agregados. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 4 de jul. de 2009.

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>, acessado em 29 de ago. 2009.

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>, acessado em 17 de set. 2009.

Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. **Banana**, Campinas: [s.l.], Série Frutas Tropicais, n. 03, 1990.

IZIDORO, D. R. **Influência da polpa de banana (*Musa cavendishii*) verde no comportamento reológico, sensorial e físico-químico de emulsão**. Curitiba SC, 2007, 167 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - UFPR, Universidade Federal do Paraná.

JENKINS, D. J. A.; SPADAFORA, P. J.; JENKINS, A. L.; RAINEY-ACDONALD, C. G. Fiber in the treatment of hyperlipidemia. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, p. 419-438, 1992.

JESUS, S. C. de S.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. da S.; CARDOSO, R. L. Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos da bananeira. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, jun. 2005.

JOLY, A. B. Botânica – **Introdução à taxonomia vegetal**. 10ª Edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional EDUSP, 1991. 777 p.

KISS, J., MINILLO, M. Yes, nós temos banana verde. **Globo Rural**, 5 de julho de 2002.

KNUIMAN, J. T.; BEYNEN, A. C.; KATAN, M. B. Lecithin intake and serum cholesterol. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 49, p. 266-268, 1989.

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

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Dietary fiber and resistant starch intake in Brasil: Recommendations and actual consumption patterns. **Food Science Technology**, v. 113, p. 845-858, 2001.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; WITTIG DE PENNA, E.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2001, 469 p.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionais Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006, 648 p.

LEITE, J. T. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n. 1, p. 83-96, 2005.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000, 839 p.

LICHTEMBERG, L. A. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73-90, 1999.

LIMA L. C.; COSTA, S. M. DIAS, M. S. C.; MARTINS, R. N.; RIBEIRO Jr.; P. M. Controle do amadurecimento de banana ‘prata-anã’, armazenada sob refrigeração e

atmosfera modificada passiva com o uso do 1-metilciclopropeno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 476-480, 2004.

LIVESEY, G. Energy values of unavailable carbohydrates and diets: an inquiry and analysis. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 51, p. 617-637, 1990.

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

LOURES, A. **Obtenção caracterização e utilização de farinha de banana (*Musa sp*) em panificação**. Belo Horizonte MG, 1989, 132 f. Dissertação – UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais.

LOWE, N. M; FRASER, W. D; JACKSON, M. J. Is there a potential therapeutic value of cooper and zinc for osteoporosis? **Protection of Nutrition Society**, v. 61, p. 5-181, 2002.

MACDLE, W. D.; KATCH. I. F.; KATCH. L. V. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 4: Banana**. Porto Alegre: Cinco continentes, 1997, 485 p.

MANICA, I. **Bananas: do plantio ao amadurecimento**. Cinco continentes, Porto Alegre, 1998, 486 p.

MAHAN, L. K e ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002, 1157 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Editora Gráfica Nagy, 1989.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992.

MARCHINI, J. S.; RODRIQUES, M. M.; CUNHA, S. F.; FAUSTO, M. A.; VANNUCCHI, H.; DE OLIVEIRA, J. E. Calculation for recommendations regarding protein intake: their application to children and adults taking Brazilian foods. **Revista Saúde Pública**, n. 28, p. 146-52, 1994.

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

MARTINS, V. B.; NETTO, F. M. Physicochemical and functional properties of soy protein isolate as a function of water activity and storage. **Food Research International**, v. 39, p. 145-153, 2006.

MARTINS, F. **Processamentos de Produtos de Origem Vegetal**. Banana. Belém: POEMA, Universidade Federal do Pará, 2000.

MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 34, n. 3, p. 141-153, 1957.

MASCARENHAS, G. C. C. Banana: Comercialização e mercados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 97-108, 1999.

MEDEIROS, M. J., BRITO, P. A. C. **Obtenção de farinha de banana enriquecida com farinha de castanha-do-Brasil para uso na panificação**. Rio Branco AC, 2002, 96 f. Monografia (Curso de Especialização em Tecnologia de Alimentos) – UFAC, Universidade Federal do Acre.

MIRET-CATALAN, S.; VAN DER HEE, R. Calcium absorbability from calcium-fortified soymilk. Unilever Food and Health Research Institute, Vlaardingen. **The Netherlands Technical Report**, 2008.

MIRANDA, G. J.; OLIVEIRA, R. C. **Farinha de banana: uma forma de verticalizar a produção na agricultura familiar em projetos de assentamentos**. Marabá PA, 2007, 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia Agroindustrial) – UEPA, Universidade do Estado do Pará.

MOHAMED, S. Factors affecting extrusion characteristics of expanded starch-based products. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 14, p. 437-452, 1990.

MOTT, S. Soya protein in sports nutrition. **Food Marketing and Technology**, v. 11, n. 6, p. 10-11, 1997.

MORAES NETO, J. M. de. A.; CIRNE, L. E. da. M. R.; PERDROZA, J. P.; SILVA, M. G da. 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, 2006.

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

MUIR, J. G.; BIRKETT, A.; BROWN, I.; JONES, G.; O'DEA, K. Food processing and maize variety affects amounts of starch escaping digestion in the small intestine. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 61, p. 82-89, 1995.

MUIR, J. G.; YEOW, E. G.; KEOGH, J.; PIZZEY, C.; BIRD, A. R.; SHARPE, K; O'DEA, K.; MACRAE, F. A. Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 79, n. 6, p. 1020-1028, 2004.

MULVIHILL, D. M. e FOX, P. F. Assessment of the functional properties of milk protein products. **Bulletin of International Dairy Federation**, v. 209, p. 3-11, 1983.

NATH, J. P. e RAO, M. S. N. Functional Properties of Guar Proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 4, p. 1255-1259, 1981.

NOAKES, M.; CLIFTON, P. M.; NESTEL, P.J.; LEU, R.; McINTOSH, G. Effect of high amylase starch and oat bran metabolic variables and bowel function in subjects with hypertriglyceridemia. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 64, p. 944-951, 1996.

NOGUCHI, A.; KUGIMIYA, W.; HAQUE, Z.; SAIO, K. Physical and chemical characteristics of extruded rice flour and rice flour fortified with soybean protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 1, p. 240-245, 1981.

NUNEZ-SANTIAGO, M. C., BELLO-PEREZ, L. A. e TECANTE, A. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behaviour of banana (*Musa paradisíaca* starch.) **Carbohydrate polymers**, v. 56, p. 65-75, 2004.

OHR, L. M. Fortifying with fiber. **Food Technology**, v. 58, n. 2, p. 71-75, 2004.

OLIVEIRA, M. F.; WANG, S. H.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R. Qualidade de cozimento de massas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 501-507, maio. 2004.

OLIVEIRA, S. O. de; ALVES, E. J.; SHEPHERD, K.; DANTAS, J. L. L. Cultivares. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. Ed. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, p. 85-105, 1999.

PADILLA, C. Y. R. **Produção de Farinha de Banana em Secador Rotário com recheio de Inertes**. Uberaba MG, 2005, 127 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - UFUB, Universidade Federal de Uberaba.

PALAZOLO, G.; RODRÍGUEZ, F.; FARRUGIA, B.; PICÓ, G.; DELORENZI, N. Heat treatment of β -lactoglobulin: structural changes studied by partitioning and fluorescence. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 3817-3822, 2000.

PARK, K. J.; NOGUEIRA, R. I. Modelos para ajuste de isoterms de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 80-6, 1992.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 1-17, 2001.

PAVANELLI, A. P.; CICHELO, M. S.; PALMA, E. J. **Emulsificantes como agentes de aeração em bolos**. Disponível em: <http://www.oxiteno.com.br/mercados/doc/documento>. Acesso em 26 nov. 2005.

PEREZ, P. M. A. e GERMANI, R. A farinha mista de trigo e berinjela: características e físicas e químicas. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004.

PÉREZ, L. A. B.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006.

PINHEIRO, M. M.; CICONELI, R. M.; MARTINI, L. A.; FERRAZ, M. B. Clinical risk factors for osteoporotic fractures in Brazilian women and men: the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). **Osteoporosis International**, 2008.

PITTIA, P.; WILDE, P. J.; HUSBAND, F. A.; CLARK, C. C. Functional and structural properties of β -lactoglobulin as affected by high pressure treatment. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 6, p. 1123-1128, 1996.

POIANI, L. M., BORGES, M. T. M. R. **Programa de desenvolvimento de processos agroindustriais integrados voltados para o setor bananeiro**. Programa de pesquisa e extensão DTAiSER/CCA/UFSCar, Araras, 1997.

RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S. Functional characterization of acetylated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K) kernel globulin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 1, v. 24, p. 134-138, 2004.

RANZANI, R. T. C., STURION, G. L., BICUDO, M. H. Avaliação química e biológica de casca de banana madura. *In*: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIENCIA DE ALIMENTOS CAMPINAS PROGRAMA CIENTÍFICO. Campinas, FEA/UNICAMP, 1995. 84p.

REEVES PG, NIELSEN FH, FAHEY JGC. AIN-93. Purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the formulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal of Nutrition**, v. 123, n. 11, p. 1939-1951, 1993.

RIBEIRO, A. C; RISSARDI, A; ALMEIDA, J. R. **Aceitabilidade da soja como alimento funcional em populações com diferentes perfis**. Rev. Nutrição Brasil: São Paulo, ano V, n. 1, p. 19-25, jan./fev. 2006.

RODRIGUES, R. S. **Caracterização de extratos de soja obtidos de grãos, farinha integral e isolado protéico visando a formulação e avaliação biológica (em coelhos) de bebida funcional à base de extrato de soja e polpa de pêssegos**, Campinas SP, 2003, 216 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

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

SALGADO, J. M.; ALVARENGA, A; LOTTEMBERG, A. M. e BORGES, V. **Impacto dos alimentos funcionais para a saúde**. Rev. Nutrição em Pauta: São Paulo, ano IX, n. 48, p. 10-18, mai./jun. 2001.

SANTANA, C. A. e AMIN, M. M. **Cadeias produtivas e oportunidades de Negócio na Amazônia**. Belém: Unama, 2002.

SANTOS, E. T. R; WANZELLER, Y. B. R. **Elaboração e caracterização de um produto tipo de barras de frutas regionais**. Belém PA, 2005, 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo Agroindustrial – Ênfase em Alimentos) – UEPA, Universidade do Estado do Pará – Núcleo Universitário de Marabá.

SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E. e TUCKER, G.A. **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman e Hall, 1993.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos** – Propriedades, degradações e modificações. São Paulo: Varela, 1996.

SHETTY, P. S.; KUPARD, A. V. Increasing starch acids from different intestinal samples I: By column gas chromatography. **Cromatography**, v. 39, n. 11/12, 1994.

SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SILVEIRA, J. R. da. Bananeira. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, p. 101-158, 2005.

SILVA, C. S., LIMA L. C., SANTOS, H. S., CAMILI, E. C., VIEIRA, C. R. Y. I., MARTIN C. S., VIEITES, R. L. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.

SILVEIRA, M. O. O preparo de amostras biológicas para microscopia de varredura eletrônica. In: W. de Souza (ed.). **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica de varredura**, Técnicas básicas. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v. 1, p. 172-82, 1989.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; VITTI, P.; CAMPOS, S. D. S.; AGUIRRE, J. M.; FIGUEIREDO, I. B.; SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 543-561, 1981.

SOARES, R. M. D. **Caracterização parcial de amido em cultivares brasileiros de cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. Florianópolis SC, 2003, 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina.

SOTO, B. M. **Banana: cultivo y comercialización**. San José: Litografia e Imprensa LIL, 1992. 649 p.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade, **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, São Paulo, jan./mar. 2004.

SOUZA, A. S. **Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja**. Campinas SP, 2006, 99 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

SOUZA, R. C. R. e ANDRADE, C. T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de Amido de Milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

STATISTICA for Windows. Versão 5.0. USA : StatSoft, 1995.

STONE, S. M., SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. 2. ed. San Diego, California: Academic Press, Inc, 1993.

SUNTHARALINGAM, S.; RAVINDRAM, G. Physical and biochemical properties of green banana flour. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 43, p. 19-27, 1993.

TADINI, C. C. e DITCHFIELD, C. Processo contínuo para obtenção de purê de banana (*Musa cavendishii*): aspectos de engenharia. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionais iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006.

TAIPINA, M. S.; COHEN, V. H.; DEL MASTRO, N. L.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M. Aceitabilidade sensorial de suco de manga adicionado de polpa de banana (*Musa sp*) verde. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, n. 1, p. 49-55, 2004.

THARANATHAN, R. N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, p. 65-84, 2002.

THEMEIER, H.; HOLLMANN, J; NEESE; LINDHAUER, U. M. G. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. **Carbohydrate Polymers**, n. 61, p. 72-79, 2005.

TRAVAGLINI, D. A.; NETO, M. P.; BLEINROTH, E. W.; LEITÃO, M. F. F. Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP. Manual técnico, n. 12, 1993, 73 p.

TEIXEIRA, M. A. V., CIACCO, C. F., TAVARES, D. Q., BONEZZI, A. N. Ocorrência e caracterização do amido resistente em amidos de milho e de banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 246-252, 1998.

TOPPING, D. L.; CLIFTON, P. M. Short-Chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 3, p. 1031-1060, 2001.

TORRES, G. A pesquisa gera tecnologia para melhorar a qualidade da banicultura nacional. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 3, jan. 1999.

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; 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 do Ceppa**, Curitiba, n. 223-227, v. 23, jul./dez. 2005.

TORREZAN, R. **Farinha de banana**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 1999, 15 p.

VALLE, H. F. e CAMARGOS, M. **Yes, nós temos banana**. São Paulo: Senac, 2003.

VANDERZANT, C; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992, 1919 p.

VIJAYAGOPAL, K.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY, S. N.; TRIVANDRUM; KERALA. Gelatinization and liquefaction of Cassava flour; effect of temperature, substrate and enzyme concentrations. **Starch/Stärke**, New York, v. 40, n. 8, p. 300-302, 1988.

VITTI, P. **Avaliação tecnológica dos produtos elaborados com farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Centro de Tecnologia de Farinhas e Panificação, p. 14-21, 1992.

WAGNER, J. R. e AÑON, M. C. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulphhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 765-771, 1990.

WAITZBERG, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

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./ago. 2005.

WILLIAMS. H. M. **Nutrição para saúde, condicionamento físico e desempenho esportivo**. 5. Ed. São Paulo: Manole, 2003.

ZHANG, P. e WHISTLER, R. L. **Isolation of starch and hemicellulose from green bananas**. Boston, MA: 22 the American Chemical Society National Meeting, 2002.

ZHANG, P., WAMPLER, J. L., BHUNIA, A. K., BURKHOLDER, K. M., PATTERSON, J. A., e WHISTLER, R. L. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, p. 443–458, 2005.

YANG, C-P.; FUJITA, S.; ASHRAFUZZMAN, M. D.; NAKAMURA, N.; HAYASHI, N. Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum L.*) pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2.732-2.735, 2000.

YAMAKOSHI, J.; PISKULA M. K.; IZUMI, T.; TOBE, K.; SAITO, M.; KATAOKA, S.; OBATA, A.; KIKUCHI, M. Isoflavone aglicone-rich extract without soy protein attenuates atherosclerosis development in cholesterol-fed rabbits. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1887-1893, 2000.

YUE, P. e WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v. 43, n. 9, p. 690-695, 1998.