

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CARACTERIZAÇÃO DOS RIZOMAS FILHOS E DA FÉCULA DO MANGARITO
(*Xanthosoma mafaffa Schott*) E ELABORAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS

Rafaela de Ávila

ANÁPOLIS – GO
FEVEREIRO DE 2011

**CARACTERIZAÇÃO DOS RIZOMAS FILHOS E DA FÉCULA DO
MANGARITO (*Xanthosoma mafaffa Schott*) E ELABORAÇÃO DE
FILMES BIODEGRADÁVEIS**

RAFAELA DE ÁVILA

Orientador: PROF. DR. DIEGO PALMIRO RAMIREZ ASCHERI

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis
Goiás
2011

**CARACTERIZAÇÃO DOS RIZOMAS FILHOS E DA FÉCULA DO MANGARITO
(*Xanthosoma mafaffa* Schott) E ELABORAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS**

Por

Rafaela de Ávila

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: ___/___/___

Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri
Orientador
UEG/UnUCET

Prof^a. Dra. Roberta Passini
UEG/UnUCET

Prof^a. Dra. Maria Assima Bittar Goncalves
UFG/EA

DEDICATÓRIA

A DEUS por guiar sempre os meus passos, colocando pessoas iluminadas em meu caminho que contribuem para o meu crescimento e por ter me concedido saúde, sabedoria e força para conquistar mais um objetivo em minha vida.

Aos meus pais, Saulo Humberto de Ávila e Edilza Portela Silva de Ávila, e meus irmãos, Daniela de Ávila e Saulo Humberto de Ávila, pelo amor, paciência, compreensão e apoio que sempre demonstraram em todas as fases de minha vida.

Ao meu noivo, Guilherme Augusto Martins de Meneses, pela paciência, compreensão e companheirismo, principalmente durante a realização desta pesquisa, me acompanhando por várias vezes em finais de semanas até a Universidade para conduzir o meu experimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri, por me orientar da melhor maneira possível, apoiar e incentivar em momentos que achei que não iria conseguir alcançar mais esta meta.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, por aceitar participar da mesma e por contribuir, por meio de sugestões, com a dissertação.

À Fazenda Veadinho, localizada no perímetro rural do município de Uberlândia/MG, no nome de Fabrício Luiz de Rezende, por ter doado a matéria-prima (mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*)), pois sem esta não teria como dar andamento ao projeto.

À Universidade Estadual de Goiás e à Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelo apoio na realização das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo suporte financeiro.

Aos funcionários dos Laboratórios de Secagem e Armazenagem de Produtos Vegetais e de Química, pelo empréstimo de vidrarias, reagentes e equipamentos, pela disposição de sempre e por me ensinarem a utilizar todos os equipamentos.

Aos colegas do curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Lionora, Ludmilla, Mariana e Renata, por toda a parte experimental em que me ajudaram e pela boa disposição e incentivo.

À Eliete, por toda a ajuda na secretaria.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Embalagens	3
2.2 Embalagens para Alimentos	3
2.3 Embalagens Biodegradáveis	3
2.4 Questões Ambientais	3
2.5 Embalagens Biodegradáveis a Base de Amido/Fécula	5
2.5.1 Amido/Fécula	6
2.5.1.1 Composição química do amido.....	9
2.5.1.2 Propriedades térmicas e de pasta	9
2.5.1.3 Aplicações	14
2.5.2 Mangarito	15
2.5.3 Plastificantes	19
2.5.3.1 Glicerol	20
2.5.4 Elaboração dos filmes biodegradáveis	22
2.5.5 Propriedades dos filmes biodegradáveis	23
2.5.6 Competitividade com as embalagens convencionais	27
2.5.7 Legislações e normas	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Caracterização dos Rizomas Filhos de Mangarito	35
4.2 Caracterização da Fécula dos Rizomas Filhos de Mangarito	37
4.3 Caracterização dos Filmes Biodegradáveis	43
5 CONCLUSÕES	51
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
8 ANEXOS	64
8.1 Anexo A	64

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

TABELA 1 - Variáveis independentes e seus níveis estudados.....	31
TABELA 2 – Delineamento Experimental.	33
TABELA 3 - Composição centesimal dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>) em base úmida e seca.	37
TABELA 4 - Composição centesimal da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>), em base úmida e seca.	38
TABELA 5 - Propriedades de pasta da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>) e de amidos de diferentes fontes botânicas.....	41
TABELA 6 - Propriedades de gelatinização da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>) e de outras fontes botânicas.	42
TABELA 7 - Resultados experimentais das propriedades dos filmes biodegradáveis elaborados a base de fécula de mangarito, água e glicerol.	45
TABELA 8 - Teste F, coeficientes do modelo polinomial de segundo grau aplicado (Coef.), coeficiente de determinação (R ²) e respectivas significâncias estatísticas.	46
TABELA 9 - Condições de desejabilidade (di) adotados aos valores mínimos, intermediários e máximos das variáveis resposta durante a otimização da produção dos filmes biodegradáveis a base de fécula de rizomas filho de mangarito, em função da adição do glicerol e da quantidade de massa de solução filmogênica.	49
TABELA 10 - Composição centesimal, em base úmida, de diferentes rizomas, tubérculos e raízes.	64

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Representação estrutural do amido.....	6
FIGURA 2. Estrutura da amilose.....	7
FIGURA 3. Estrutura da amilopectina.....	8
FIGURA 4. Estrutura ramificada da amilopectina.....	9
FIGURA 5. Processo de geleificação do amido.....	10
FIGURA 6. Processo de gelatinização do amido.....	11
FIGURA 7. Curva de empastamento típico, obtida em RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU.....	12
FIGURA 8. Mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>). a) planta, b) folhas, c) rizoma principal (mãe) com brotações laterais (filhos) e d) rizomas filhos.....	15
FIGURA 9. Estrutura do glicerol.....	21
FIGURA 10. Rizomas filhos de mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>) coletados no município de Uberlândia/MG.....	35
FIGURA 11. Distribuição da massa (a), e do tamanho: diâmetro maior (b) e diâmetro menor (c) dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>).....	36
FIGURA 12. Microfotografia de grânulos da fécula isolada de rizomas filhos do Mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>).....	39
FIGURA 13. Frequência do tamanho dos grânulos da fécula isolada de rizomas filhos do Mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>).....	40
FIGURA 14. Perfil de viscosidade de pasta da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>).....	40
FIGURA 15. Foto de um Filme biodegradável à base de fécula de mangarito, água e glicerol.....	43
FIGURA 16. Microfotografias de filme biodegradável elaborado a partir de fécula do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i>), água e glicerol. a) tratamento 1; b) tratamento 2; c) tratamento 3; d) tratamento 4; e) tratamento 5; f) tratamento 6; g) tratamento 7; h) tratamento 8; i) tratamento 9; j) tratamento 10; k) tratamento 11.....	44
FIGURA 17. Influência do glicerol e da quantidade de solução filmogênica na espessura (a), solubilidade (b) e permeabilidade ao vapor de água (Pva) (c) de filmes biodegradáveis a base de fécula de mangarito.....	48
FIGURA 18. Resultados da função de seletividade de filmes biodegradáveis a base de fécula de rizomas filho de mangarito e glicerol.....	49

ÁVILA, R. de. **Caracterização dos rizomas filhos e da fécula do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2010. 76p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis.

RESUMO

As embalagens convencionais, principalmente os plásticos, constituem uma parcela significativa dos rejeitos urbanos descartados no meio ambiente. Preocupados com as questões ambientais, centros de pesquisas, empresas e governos vêm interessando e investigando as embalagens biodegradáveis, derivadas de fontes renováveis, como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais. Neste contexto, este trabalho, que foi desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás (UEG) em Anápolis/GO, teve como objetivo principal estudar as propriedades físicas e químicas do rizoma filho do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*), propriedades físicas, químicas e funcionais da fécula isolada deste e a elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a base da fécula, usando glicerol como agente plastificante. Inicialmente a caracterização física, composição química dos rizomas e dos grânulos de fécula isolados destes foram determinadas, assim como a morfologia dos grânulos, tamanho, viscosidade de pasta em analisador rápido de viscosidade e propriedade térmica por calorimetria diferencial de varredura. Posteriormente, utilizou-se a fécula para elaboração dos filmes biodegradáveis, mantendo constante a quantidade desta (2 g) variando a massa da solução filmogênica (SF) e a concentração do plastificante [glicerol (GLI)] na solução, seguindo um esquema experimental central composto tipo estrela, com cinco repetições no ponto central e quatro axiais. E, ao final, caracterizaram-se os filmes biodegradáveis quanto à aparência visual, por meio de microfotografias, a espessura, a solubilidade em água e a permeabilidade ao vapor de água. Aplicou-se um modelo matemático preditivo das variáveis dependentes (solubilidade e permeabilidade), fazendo uso da análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade, sua otimização foi realizada pela técnica proposta para variáveis dependentes que se baseia na definição de uma função de desejabilidade (D) restrita no intervalo de [0,1] e os dados experimentais foram descritos por meio de médias e desvios-padrões, sendo processados e analisados com o auxílio do programa de análise estatística Statistica 8.0. Observou-se que os rizomas possuem uma massa média de 3,5 g, diâmetros maiores e menores com média de 23 e 15 mm, respectivamente, são altamente energéticos, constituídos principalmente de fécula e não se oxidam em contato com o ar, apresentando-se adequados

para produção de fécula. A fécula isolada apresentou pureza de 95,19% e seus grânulos forma arredondada e tamanho médio de 12,5 μm . Constatou-se que a temperatura de gelatinização da fécula ocorre entre 82,15°C e 94,65°C. O perfil de viscosidade de pasta da fécula mostrou alta estabilidade a 95°C e grande tendência à retrogradação, sendo indicado para uso em indústria de embalagens, adesivos e alimentos. Ao aplicar a fécula, associada à água e ao glicerol na elaboração de filmes biodegradáveis, notou-se que as variações da concentração de glicerol e da espessura não influenciaram no aspecto visual dos mesmos e que as condições as quais as SF foram submetidas foram suficientes para obter filmes biodegradáveis homogêneos. Caracterizando os filmes quanto à espessura, a solubilidade em água e a permeabilidade ao vapor de água pode observar que a espessura, que obteve valores entre 0,035 a 0,081 mm, variou significativamente em função da concentração de glicerol e da quantidade de solução filmogênica ($p < 0,01$), não dependendo da interação e o efeito dos fatores foi positivo, podendo-se alcançar um máximo de 0,086 mm para 30% de GLI e 25 g de SF, e um mínimo de 0,036 mm para 10% de GLI e 19 g de SF. Ao avaliar a solubilidade e a permeabilidade que apresentaram valores respectivos entre 9,24 e 36,22% e de $5,55 \times 10^{-5}$ a $12,75 \times 10^{-5} \text{ g (m s Pa)}^{-1}$, verificou-se que há interação dos fatores glicerol *versus* massa de solução filmogênica e que depende do efeito sinérgico causados por estes fatores, sendo os máximos alcançados de 48,20% de solubilidade e $14,28 \times 10^{-5} \text{ g (m s Pa)}^{-1}$ de permeabilidade em filmes elaborados com 30% de glicerol e 25 g de solução filmogênica. Já os mínimos atingidos foram de 8,75% de solubilidade em filmes elaborados com 10% de GLI e 20 g de SF e $6,31 \text{ g (m s Pa)}^{-1}$ de permeabilidade em filmes elaborados com 10% de GLI e 22 g de SF. Considerando os fatores desejáveis de baixas permeabilidade ao vapor de água e espessura e alta solubilidade, os filmes produzidos com 10% de glicerol e 24,73 g de solução filmogênica seriam aqueles que mais atenderiam estas características.

PALAVRAS-CHAVE: *Xanthosoma mafaffa* Schott; amido; propriedades físicas, químicas, funcionais e térmicas do amido; embalagens biodegradáveis; glicerol; propriedades físicas, de solubilidade e de permeabilidade de biofilmes.

ÁVILA, R. de. **Characterization of the comels and starch from mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) and development of biodegradable films**. 2010. 76p. (Master's in Agricultural Engineering) - Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis.

ABSTRACT

Conventional packaging, especially plastics, constitute a significant portion of municipal waste discarded in the environment. Concerned with environmental issues, search centers, companies and governments come interesting and investigating the biodegradable packaging, derived from renewable sources as an alternative to minimize environmental impacts. In this context, this work, which was developed at the Universidade Estadual de Goiás (UEG) in Anápolis, Goiás, had as main objective to study the physical and chemical properties of the comels the mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*), properties physical, chemical and functional of starch isolated this and preparation and characterization of biodegradable films based on starch using glycerol as plasticizer. Initially the physical characterization, chemical composition of rhizomes and the of starch granules of these isolates were determined, as well as the granule morphology, size, paste viscosity in rapid viscosity analyzer and thermal properties by differential scan calorimetry. Later, starch was used for preparation of biodegradable films, keeping constant the amount of this (2 g) varying the mass of the filmogenic solution (FS) and the plasticizer [glycerol (GLY)] in the solution, following a scheme experimental central composite, star type, with five replicates the center point and four axial. And in the end, characterized the biodegradable films on the visual appearance by means of microphotographs, thickness, water solubility and water vapor permeability. We applied a mathematical model predictive of the dependent variables (solubility and permeability), using analysis of variance (ANOVA) at 5% probability, its optimization was performed by the proposed technique for dependent variables based on the definition of a desirability function (D) restricted the range of [0,1] and the experimental data were described using means and standard deviations, being processed and analyzed with the help of statistical analysis program Statistica 8.0. It was observed that the rhizomes have an average weight of 3,5 g, the average major and minor diameters of 23 and 15 mm, respectively, are highly energetic, consisting mainly of starch and does not oxidize in contact with air, presenting suitable for the production of starch. The isolated starch showed purity of 95,19% and its granules shape rounded and average size of 12,5 μm . It was found that the gelatinization temperature of starch is between 82,15°C and 94,65°C. The viscosity profile of starch pastes showed high stability at 95°C and a greater tendency to retrogradation, being indicated for use in the packaging industry, adhesives and food products. Applying the starch, associated with water and glycerol in the preparation of biodegradable films was noted that variations in glycerol concentration and thickness did not influence the visual appearance of the same and the conditions which the FS were submitted were sufficient to obtain films biodegradable homogeneous. In characterizing the films as the thickness, the water solubility and water vapor permeability can be observed that the thickness, which has values between 0,035 to 0,081 mm, varied significantly depending on the concentration of glycerol and the amount of film solution ($p < 0,01$), not depending on the interaction of factors and the effect was positive, may reach a maximum of 0.086 mm for 30% GLY and 25 g of FS and a minimum of 0,036 mm for 10% GLY and 19 g of SF. In assessing the solubility and permeability showed that the respective values between 9,24 and 36,22% and $5,55 \times 10^{-5}$ to $12,75 \times 10^{-5}$ g (ms Pa) - 1, it was found there is interaction of glycerol versus mass of filmogenic solution and depends on the synergistic effect caused by these factors, the maximum achieved 48,20% solubility

and $14,28 \times 10^{-5}$ g (ms Pa) ⁻¹ permeability in films prepared with 30% glycerol and 25 g film solution and has already achieved the minimum of 8,75% solubility in films prepared with 10% GLY and 20 g of FS and 6,31 g (ms Pa) ⁻¹ permeability in films prepared with 10% GLY and 22 g of FS. Considering the desirable factors of low water vapor permeability and thickness and high solubility, films made with 10% glycerol and 24,73 g film solution would be those who would attend more of these characteristics.

KEY WORDS: *Xanthosoma mafaffa Schott*; starch; properties physical, chemical, functional and thermal starch; biodegradable packaging; glycerol; physical properties, of solubility and of permeability of biofilms.

1 INTRODUÇÃO

Embalagens biodegradáveis são embalagens constituídas de certos materiais que são degradados por um processo natural, mediante ação de seres vivos (mais frequentemente por bactérias e fungos), em apenas cerca de 20 dias, sem deixar resíduos (CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

Preocupados com as questões ambientais, já que as embalagens não biodegradáveis constituem uma parcela significativa dos rejeitos urbanos descartados no meio ambiente, aproximadamente 30% no Brasil. Mais especificamente, por cerca de 19% do lixo mundial ser composto de plásticos derivados de petróleo e por inúmeras disposições, tecnologias de reciclagem e reutilização que já foram desenvolvidas para conter o problema do “lixo plástico”, mas que possuem pontos fracos; centros de pesquisas, empresas e governos vêm se interessando e investigando as embalagens biodegradáveis, principalmente os plásticos, derivadas de fontes renováveis, como uma alternativa para minimizar o impacto ambiental.

Atualmente, as embalagens biodegradáveis mais estudadas e empregadas são as de matérias à base de amido, sendo responsáveis por 85% a 90% do mercado total dos materiais biodegradáveis, pois além de serem renováveis e biodegradáveis, têm baixo custo, alta disponibilidade e possuem propriedades de formar filmes e espumas (CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

Entretanto, usam-se mais habitualmente para esta finalidade amidos de culturas destinadas a alimentação humana, principalmente o da mandioca, milho, arroz e outros cereais; o que acaba gerando uma competição com o caráter alimentar.

Preocupados com esta competição e também com a atual evolução do setor alimentar, maior consumidor de amido, tanto nativo como modificado, com um crescimento acentuado em consequência do seu emprego em alimentos preparados, investem-se em pesquisas visando à identificação de novos amidos nativos, os quais apresentem propriedades diferenciadas.

Neste contexto, os rizomas do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*); que é uma planta herbácea sem caule aéreo, apresentando rizoma subterrâneo principal (mãe ou primário) com brotações laterais (rizomas filhos ou secundários) e várias folhas grandes brotando do rizoma principal, pertencente à família Araceae, originário da região centro-americana, que engloba as Américas Central e do Sul, conhecido também como tannia, tiquisque, malangay, no Brasil como mangará, taioba portuguesa e mangareto e pela

população Guarani denominado tayaó, considerado eminentemente calórico, sendo uma das espécies mais energéticas e constituída prioritariamente por fécula; poderiam ser estudados, principalmente os filhos, já que por possuírem dimensões pequenas são pouco atrativos para a utilização culinária e, conseqüentemente, tem baixo valor comercial, não possuindo apelo alimentar, assim como a sua fécula e a aplicabilidade desta em filmes biodegradáveis e/ou comestíveis.

Para abordagem do estudo em questão no presente trabalho, apresenta-se uma revisão de literatura sobre embalagens biodegradáveis a base de amidos abordando as definições inerentes ao assunto, à questão ambiental envolvente, as informações relevantes sobre os componentes prioritários necessários para a obtenção destas embalagens, a melhor maneira de elaborá-las, suas principais propriedades, as legislações e normas já existentes que as norteiam, assim como esta a competitividade dessas com as embalagens convencionais.

Experimentalmente, o presente trabalho teve por objetivo principal estudar as propriedades físicas e químicas do rizoma filho, propriedades físicas, químicas e funcionais da fécula de mangarito e a elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a base da fécula usando glicerol como agente plastificante.

Os objetivos específicos foram:

- caracterizar o rizoma filho quanto o tamanho, a forma e a massa;
- determinar a composição química do rizoma filho e da fécula: umidade, extrato etéreo, cinzas, fibras, proteínas, açúcares totais, não redutores e redutores, carboidratos, amido e valor energético;
- estudar a morfologia e tamanho dos grânulos da fécula;
- determinar as propriedades de pasta e calorimétrica da fécula;
- elaborar filmes biodegradáveis à base de fécula de mangarito, água e glicerol por meio do processo *casting*;
- caracterizar os filmes quanto à aparência, espessura, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Embalagens

O dicionário define embalagem como o ato de embalar, enfadar, empacotar, envasar, acondicionar um produto, no intuito de protegê-lo (TERCIOTTI *et al.*, 2002).

2.2 Embalagens para Alimentos

A Resolução RDC Nº 91, de 11.05.2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define embalagem para alimentos como “o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agente externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações” (BRASIL, 2001).

2.3 Embalagens Biodegradáveis

Embalagens biodegradáveis são embalagens constituídas de certos materiais que são degradados por um processo natural, mediante ação de seres vivos (mais frequentemente por bactérias e fungos), em apenas cerca de 20 dias, sem deixar resíduos. Primeiramente, ocorre a despolimerização das cadeias, por meio de enzimas extracelulares, depois a mineralização, ou seja, a conversão do polímero em biomassa (minerais, água, dióxido de carbono, metano e azoto), por processo intracelular e posteriormente a redistribuição desses na natureza por meio de ciclos como o do carbono, nitrogênio e enxofre (CARR *et al.*, 2006; LIMA, 2004; ALVES e TOMÁS, 2003).

2.4 Questões Ambientais

As novas regulamentações ambientais, os novos interesses sociais e um aumento da consciência ambiental por todo mundo, têm impulsionado a investigação e despertado um grande interesse de centros de pesquisa, governos e empresas em relação à questão ambiental.

As embalagens constituem uma parcela muito significativa dos resíduos sólidos municipais (CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

No Brasil são despejados de 240 a 300 mil toneladas diárias de resíduos urbano no meio ambiente, dos quais cerca de 30% são embalagens não biodegradáveis, aumentando, assim, o volume dos resíduos nos aterros e lixões (CARR *et al.*, 2006).

Carvalho e Rosa (2005) caracterizaram tipos de materiais encontrados nos resíduos domésticos recicláveis recebidos por uma cooperativa da cidade de São Paulo e observaram que o papel e o papelão apresentaram em maior quantidade (39,4%), seguido pelos plásticos rígidos e filmes (28,2%), sendo o polietileno tereftalato (PET) o material com maior porcentagem em massa e dois complicadores: difícil reciclagem, pois exigem equipamentos mais sofisticados, conseqüentemente mais caros, e necessita de um maior espaço durante a armazenagem.

E, no mundo, cerca de 19% do lixo é composto de plásticos derivados de petróleo e, ainda, inúmeras disposições, tecnologias de reciclagem e reutilização já foram desenvolvidas para conter o problema do “lixo plástico”, mas possuem pontos fracos (LAROTONDA *et al.*, 2004).

Outro problema ambiental é a matéria-prima das embalagens tradicionais, proveniente de fonte não renovável (petróleo) (CARR *et al.*, 2006).

Desta forma, os biomateriais derivados essencialmente de fontes renováveis, como por exemplo: carboidratos, proteínas, lipídeos e fibras, constituem uma nova alternativa capaz de reduzir de forma significativa os impactos ambientais em termos de consumo de energia, efeito estufa e volume de resíduos nos aterros, diminuindo, conseqüentemente, o espaço físico necessário para alojamento de rejeitos e, ainda, evita a proliferação de doenças para a população que mora próxima a esses resíduos (CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

Ressalta-se, ainda, que a degradabilidade destes materiais permite a continuidade do ciclo natural de carbono, produzindo um produto que pode ser utilizado para melhorar os solos destinados à agricultura (ALVES e TOMÁS, 2003).

Nesse contexto, as embalagens biodegradáveis (filmes, películas, bandejas (espumas)) têm sido alvo de intensas e interessantes investigações, na busca de alternativas mais ecológicas, sustentáveis e economicamente viáveis, que conservem os alimentos; protegendo-os, melhorando, assim, sua conservação, aumentando a vida de prateleira, devido à redução da perda de umidade e ao controle da transmissão gasosa, melhorando a aparência; e substituindo compostos de fontes não renováveis por materiais que não agredem o meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2007; CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

2.5 Embalagens Biodegradáveis a Base de Amido/Fécula

Atualmente, as embalagens biodegradáveis mais estudadas e empregadas são as de matérias à base de amido/fécula, sendo responsáveis por 85% a 90% do mercado total dos materiais biodegradáveis, pois além de serem renováveis e biodegradáveis, têm baixo custo, alta disponibilidade e possuem propriedades de formar filmes e espumas (CARR *et al.*, 2006; RÓZ, 2003; ALVES e TOMÁS, 2003).

Os filmes biodegradáveis, também denominados biofilmes, são as embalagens biodegradáveis mais pesquisadas e empregadas à base de amido e podem ser apresentados em duas formas: cobertura e o filme propriamente dito.

Sendo estes filmes biodegradáveis filmes finos preparados a partir de materiais biológicos, que agem como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, podem proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos, melhorando assim sua conservação e seu aspecto sensorial; por meio da melhoria da aparência, já que os filmes são brilhantes e transparentes, e da retenção de suas propriedades de sabor e textura; aumentando a sua vida útil (HENRIQUE *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2007; AZEVEDO, 2003; VICENTINI *et al.*, 1999).

E que se diferem em filme e cobertura, apenas porque o primeiro é pré-formado separadamente e aplicado posteriormente sobre o produto e o segundo é aplicado e formado diretamente nas superfícies do produto, por meio de imersão ou aspensão (ASSIS *et al.*, 2009; MOURA, 2008; AZEVEDO, 2003).

Podendo, ainda, ser considerados comestíveis, dependendo dos constituintes utilizados para sua produção e da quantidade das substâncias empregadas.

Algumas embalagens são baseadas em 100% de amido que é plastificada pela incorporação de água podendo ser posteriormente extrudida, porém as pobres barreiras à umidade e mecânica; que resulta em filmes pouco flexíveis e quebradiços, não se adequando facilmente aos processos convencionais do uso como embalagem; faz necessário, na maioria das vezes, a combinação com outros materiais não biodegradáveis com polietileno (PE) ou através da incorporação de outro componente, como o caulim e o carbonato de cálcio (CaCO_3), formando um compósito; com o objetivo de aumentar à resistência a água; acetilação do amido; no intuito de melhorar as propriedades mecânicas; ou do uso de plastificantes geralmente pólióis, que reduzem as interações intermoleculares entre as cadeias adjacentes do amido, resultando no aumento da mobilidade dessas cadeias e, conseqüentemente em materiais flexíveis, que como conseqüências, percebem-se em termos

macroscópicos, alterações de todas as propriedades físicas ou funcionais dos filmes biodegradáveis (CARR *et al.*, 2006; LAROTONDA *et al.*, 2004; ALVES e TOMÁS, 2003; GONTARD *et al.*, 1993).

Porém, apesar das embalagens biodegradáveis produzidas a partir do amido possuírem pobres barreiras à umidade e mecânica, as barreiras aos lipídios são eficientes (OLIVEIRA e CEREDA, 2003).

E, ainda, não se pode esquecer que as características da embalagem biodegradáveis formada são dependentes do tipo e teor do polímero utilizado, além dos demais constituintes e que não existe uma formulação universal, ou seja, uma composição adequada a todo tipo de produto a ser embalado (PRATES, 2010; ASSIS *et al.*, 2009).

2.5.1 Amido/Fécula

O amido ou fécula (amido extraído da parte subterrânea da planta) (FIGURA 1) é um polissacarídeo obtido de diversas fontes vegetais como cereais, raízes, rizomas e tubérculos, e, também, de frutas e legumes; responsável pelo armazenamento de energia das plantas, presentes nos tecidos destas sob forma de pequenos agregados individuais, denominados grânulos intracelulares (MALI *et al.*, 2010; MOURA, 2008; VASQUES, 2007; LEONEL *et al.*, 2002a).

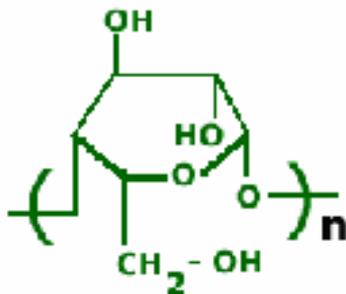


FIGURA 1. Representação estrutural do amido (VASQUES, 2007).

No entanto, a extração em nível comercial de amido se restringe aos cereais, raízes, rizomas e tubérculos (MALI *et al.*, 2010). A própria legislação brasileira; RDC nº 236, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); define amido como “produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas” (BRASIL, 2005). Sendo as principais espécies consideradas fontes de amido comercial: milho, trigo, arroz, batata e mandioca (LEONEL *et al.*, 2002a).

As moléculas de amido são altamente hidratadas, porque elas têm muitos grupos hidroxila expostos, capazes de formar pontes de hidrogênio com a água, e são constituídas de repetições de unidades de anidroglicose, ou seja, o amido é um homopolímero formado, basicamente, por dois polímeros de glicose: a amilose e amilopectina, associadas por pontes de hidrogênio (MOURA, 2008; VASQUES, 2007; SHIMAZU *et al.*, 2007; OLIVATO *et al.*, 2006; NELSON e COX, 2002).

Variações nas proporções entre estes componentes e em suas estruturas e propriedades podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais muito diferentes, que podem afetar as suas aplicações industriais (SHIMAZU *et al.*, 2007; OLIVATO *et al.*, 2006).

Outro fator que irá interferir nas aplicações industriais do amido é a sua fonte botânica, pois as características físicas dos grânulos de amido, entre as quais a forma, a estrutura e o tamanho, variam de acordo com esta fonte, tendo os diâmetros dos grânulos variando de menos de 1 μ m a mais do que 100 μ m, e os formatos de regulares (por exemplo: esférico, ovóide ou angular) a bastante irregulares (MOURA, 2008; DAIUTO e CEREDA, 2006).

A amilose (FIGURA 2) é formada por cerca de 200 a 700 unidades de glicose, unidas entre si por ligações glicosídicas (α 1-4), formando, assim, unidades de maltoses; o que geralmente confere a esta uma forma mais alongada, caracterizando a parte não ramificada. Porém, embora ilustrada tipicamente por uma estrutura linear de cadeia, a amilose de fato é frequentemente helicoidal, já que as moléculas tendem a enrolar-se de forma rígida formando uma única hélice ou ainda podem formar zonas de junção de duplas hélices paralelas, ainda, mais rígidas; e possui massa molecular de uns poucos milhares até mais de um milhão (VASQUES, 2007; NELSON e COX, 2002; BOBBIO e BOBBIO, 2001).

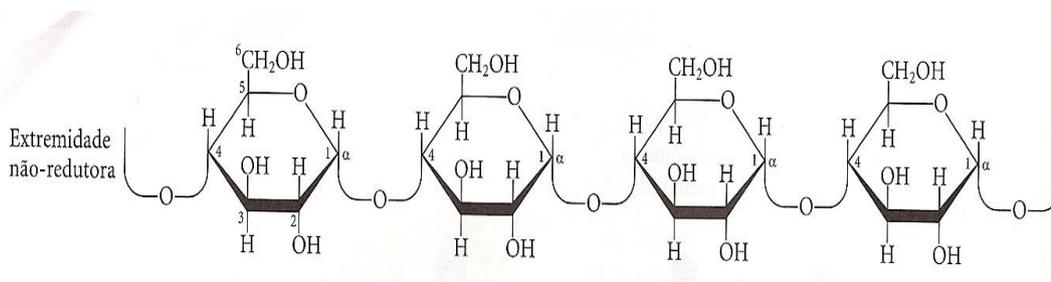


FIGURA 2. Estrutura da amilose (NELSON e COX, 2002).

A complexação com outros componentes é uma propriedade bem conhecida da hélice de amilose, como por exemplo, a complexação com iodo (MOURA, 2008), sendo esta uma importante ferramenta de diagnósticos para identificação da presença de amido; porque tanto

a amilose quanto a amilopectina não existem livres na natureza, somente como agregados semi-cristalinos em grânulos de amido. Logo, se ocorrer a complexação com o iodo, resultando em uma coloração azulada, há indícios da existência de amido.

Outro atributo bem conhecido da amilose é sua habilidade de formar gel depois do grânulo de amido ter sido cozido, isto é, gelatinizado. Este comportamento é evidente em certos amidos que contém maiores teores de amilose: amido de milho, trigo e arroz (MOURA, 2008).

Amilopectina (FIGURA 3), também, possui alta massa molecular (até 100 milhões) e pode conter cerca de dois milhões ou mais de unidades de glicose, formando uma estrutura bastante compacta e ramificada. Além das ligações glicosídicas (α 1-4) que conectam as suas unidades, há, ainda, as (α 1-6) nos pontos de ramificação (cerca de 1 a cada 24 a 30 unidades), formando de unidades de maltoses e, também, de isomaltoses, em menor proporção, nos pontos de ramificação. Esta estrutura é constituída por uma cadeia principal, chamada de cadeia C, que possui um grupamento final não redutor e numerosas ramificações, chamadas de cadeia B, nas quais o terceiro tipo de cadeia, as cadeias A, são fixadas, como pode ser observada na Figura 4 (MOURA, 2008; VASQUES, 2007; NELSON e COX, 2002; BOBBIO e BOBBIO, 2001).

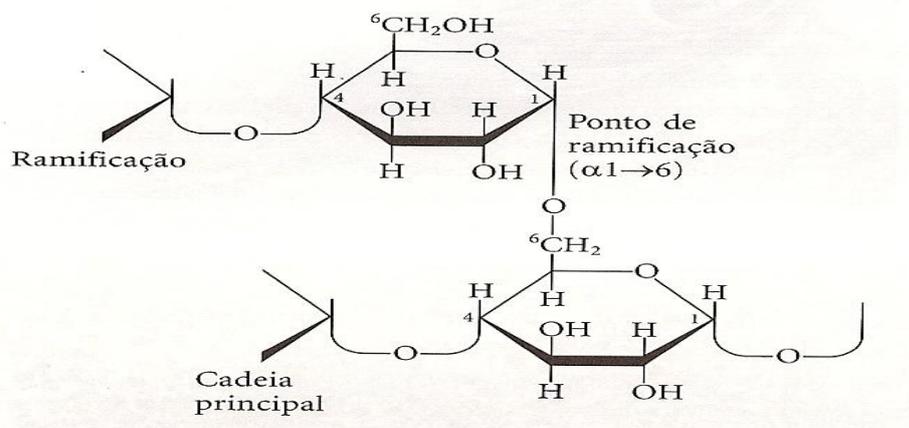


FIGURA 3. Estrutura da amilopectina (NELSON e COX, 2002).

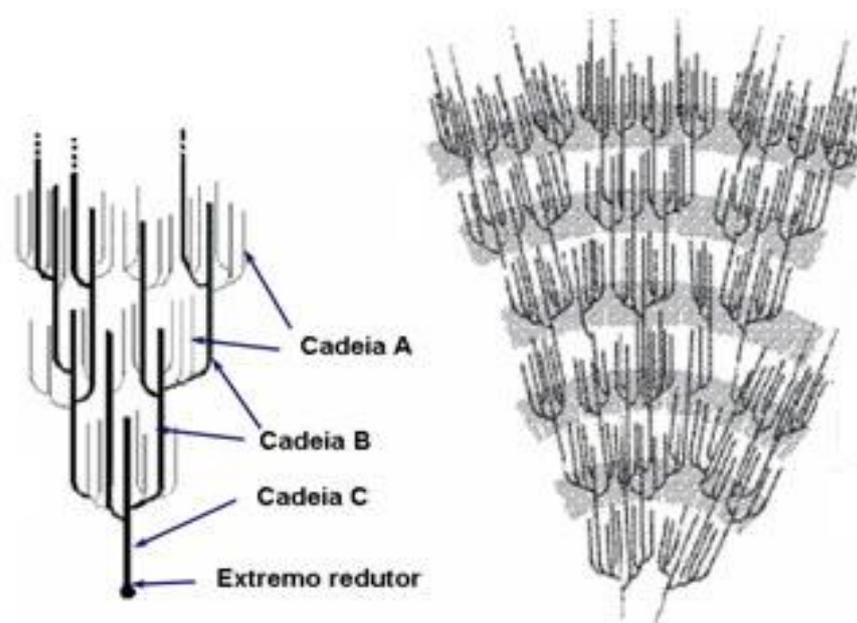


FIGURA 4. Estrutura ramificada da amilopectina (MOURA, 2008).

Durante a cocção, a amilopectina absorve muita água e é, em grande parte, responsável pela expansão do grânulo de amido. Assim, os grânulos ricos em amilopectina são mais fáceis de serem dissolvidos em água a 95° C do que os que contêm muita amilose (MOURA, 2008).

2.5.1.1 Composição química do amido

Apesar do amido ser um carboidrato, pode possuir em sua composição outros componentes como água, lipídeos, proteínas, minerais e fibras. A quantidade depende da composição da planta e da eficiência dos processos de extração e purificação e podem ser desejáveis ou não, dependendo da aplicação, pois geralmente afetam as propriedades funcionais do amido (FERNANDES, 2009; MOURA, 2008).

Quanto menor o teor destas substâncias, melhor a qualidade do amido (PERONI, 2003).

2.5.1.2 Propriedades térmicas e de pasta

Relações entre as características estruturais de amidos e suas propriedades térmicas e de pasta têm recebido muita atenção (PERONI, 2003).

A frio, a estrutura do amido mantém-se inalterada, isto é, permanece praticamente insolúvel; já que pode absorver até 30% do seu peso em água, com apenas um pequeno aumento do volume dos grânulos. Mas grandes modificações ocorrem na sua estrutura quando o amido é aquecido na presença de água (BASSINELLO e CASTRO, 2004; BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Este fenômeno é chamado de gelatinização do amido e exige uma combinação de disponibilidade de água e temperatura adequada e inicia-se com a transformação ocasionada na suspensão aquecida até certo limite, levando a ligeiro intumescimento dos grânulos, com o contínuo aumento da temperatura ocorre rompimento da estrutura do grânulo, extravasando os seus constituintes (amilose e amilopectina), que se transformam em substâncias gelatinosas, denominadas gel de amido. Admite-se que o gel seja formado pela amilopectina, retendo em sua estrutura a amilose (FIGURA 5) (HERINQUE e EVANGELISTA, 2006).

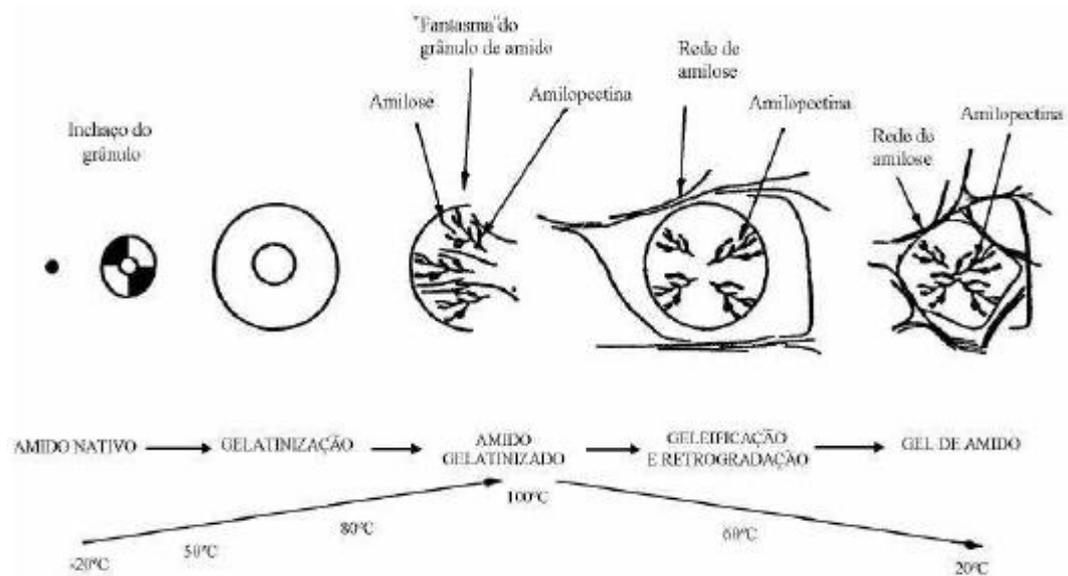


FIGURA 5. Processo de geleificação do amido (BORNET, 1995; modificado por VICENTINI, 2003).

A temperatura na qual se dá a geleificação é variável com o tipo de amido e essa é medida a partir do início do desaparecimento das zonas cristalinas do grânulo (zonas de maior resistência à penetração da água e a hidrólise, indicando regiões que há maior número de ligações entre as moléculas) até o seu fim, visível em microscópico com luz polarizada (HERINQUE e EVANGELISTA, 2006; BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Várias mudanças ocorrem com os grânulos de amido, principalmente alterações no seu estado físico (FIGURA 6), mediante ao início do processo de gelatinização.

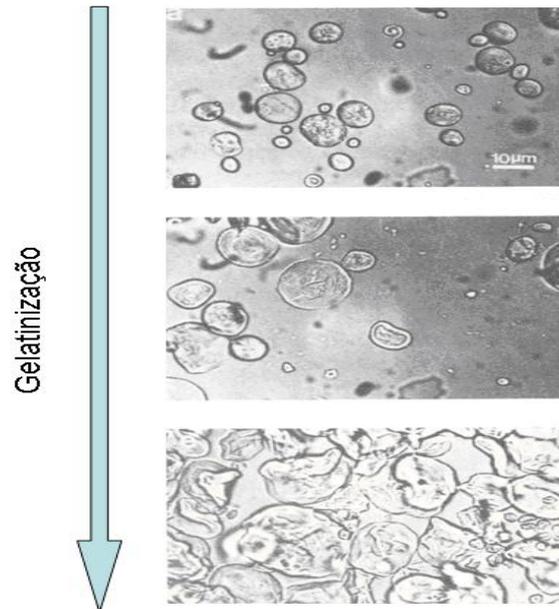


FIGURA 6. Processo de gelatinização do amido (SCHOLZ e MAGRI, 2002).

Exemplificando, a amilopectina fixa a água por ação do grupo hidrofílico e como consequência se incha, assumindo propriedades físicas de plasticidade e transparência (SCHOLZ e MAGRI, 2002).

Com o inchamento do grânulo ocorre à perda da birrefringência ou da cristalinidade e aumento da claridade da pasta. Já no momento do resfriamento a opacidade da pasta tende a aumentar e também sua firmeza, variando estes fatores de acordo com a os grânulos, devido à heterogeneidade dos seus cristais (FERNANDES, 2009).

Quando a pasta de amido fica em repouso, sem agitação antes ou depois do resfriamento, a tendência é que se estabeleçam ligações intermoleculares, formando um gel e posteriormente, somente quando já resfriada, uma película, um filme devido às suas propriedades de retrogradação; quando no grânulo de amido formam-se novamente partes cristalinizadas como aquelas destruídas na formação do gel e com isto há uma diminuição do volume e expulsão de água (sinerese) ligada às moléculas (HERINQUE *et al.*, 2008; BOBBIO e BOBBIO, 2001; VICENTINI *et al.*, 1999).

Esse amido retrogradado torna-se insolúvel em água, pois apesar de ser possível a reversão, por aquecimento do gel, para amilopectina, essa transformação é irreversível para a amilose (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Essas mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido, usando equipamentos como o viscoamilógrafo

Brabender e mais recentemente, o viscoamilógrafo rápido ou analisador rápido de viscosidade (RVA, Newport Scientific, Narabeen, Austrália) (MATSUGUMA, 2006).

Os parâmetros normalmente determinados para interpretação das propriedades de pasta, por meio da curva de empastamento obtida em RVA (FIGURA 7), são:

- temperatura inicial de formação de pasta: temperatura em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do RVA (6°C/min), correspondente ao ponto onde se inicia a formação da curva;
- viscosidade de pico: valor de máxima viscosidade do amido, durante o ciclo de aquecimento;
- quebra: diferença de viscosidade entre o pico máximo e a viscosidade mínima após 95°C;
- viscosidade final: valor da viscosidade à temperatura final de resfriamento (50°C);
- retrogradação: diferença de viscosidade mínima a 95°C e a viscosidade final, também chamado de setback (PERONI, 2003).

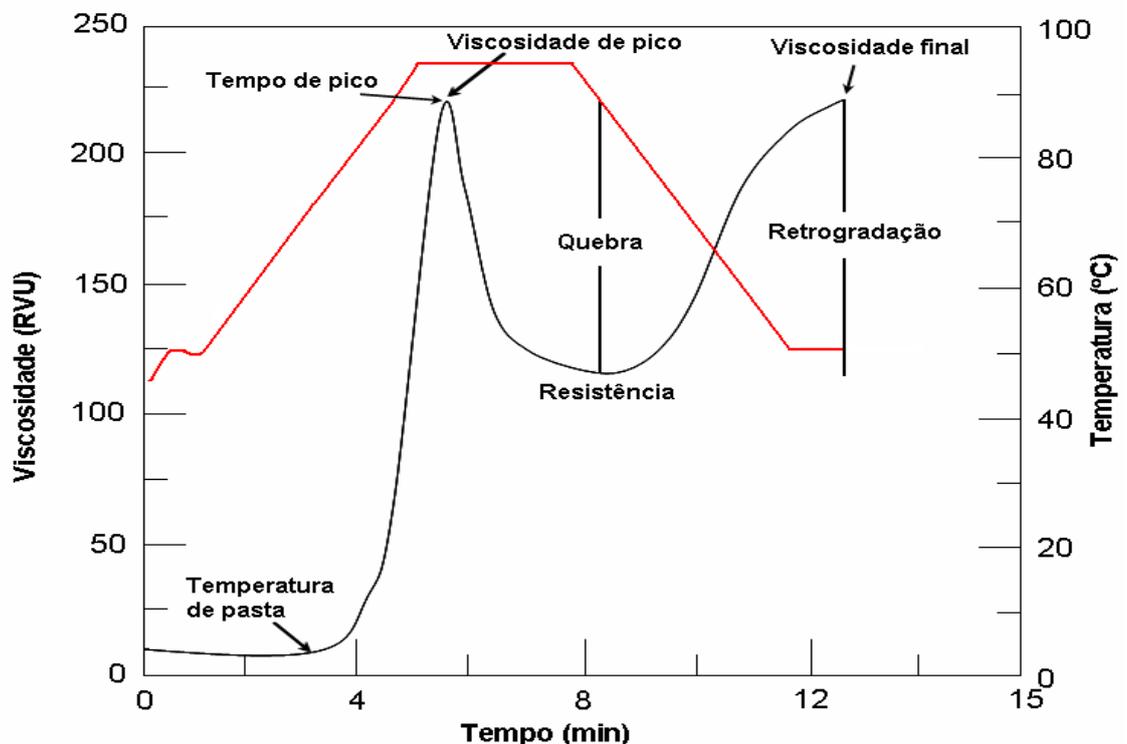


FIGURA 7. Curva de empastamento típico, obtida em RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU (THOMAS e ATWELL, 1999).

Jane *et al.* (1999) relatam que estas propriedades de pasta de amidos são afetadas pelos teores de amilose, lipídeos e fósforo e pela distribuição dos comprimentos de cadeias

ramificadas da amilopectina. Por exemplo, a amilopectina favorece o inchamento do grânulo de amido e empastamento, enquanto a amilose e lipídeos os inibem.

Bobbio e Bobbio (2001) abordaram, ainda, fatores que afetam a formação e as características do gel; por exemplo, na formação e na dureza dos géis de amido, além da natureza do amido e de sua concentração, influem o pH, açúcar, proteínas, lipídeos e sais presentes.

No RVA, durante a fase inicial de aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, um aumento na viscosidade é registrado quando os grânulos começam a inchar. Neste ponto, polímeros com baixo peso molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos, sendo obtido, então, um pico de viscosidade durante o empastamento, quando existe a maioria dos grânulos totalmente inchados, grânulos intactos e o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado, ainda, não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento (TSAI *et al.*, 1997). Durante a fase de temperatura constante (95°C) os grânulos começam a se quebrar e a solubilização dos polímeros continua. Neste momento ocorre uma quebra na viscosidade e, posteriormente, inicia-se a fase de resfriamento, na qual polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar e outro aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou “set-back”. (MATSUGUMA, 2006).

Dentre os parâmetros do RVA analisados, a viscosidade final é um dos mais importantes no uso de amido, porque corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto final. Não se pode, assim, descartar um amido por sua característica de viscosidade de pasta, pois de acordo com o tipo de aplicação uma viscosidade maior ou menor pode ser desejável (DAIUTO, 2005).

Outra informação que se pode extrair sobre as propriedades de pasta do amido, quando este é exposto ao aquecimento em excesso de água (> 60% b.u.), é a sua endoterma, obtida por meio de calorimetria diferencial de varredura (DSC), característica da transição de primeira ordem, irreversível, denominada gelatinização, que corresponde ao rompimento, expansão e hidratação da estrutura granular e ainda solubilização das moléculas de amido (FERNANDES, 2009).

2.5.1.3 Aplicações

O amido é uma matéria-prima abundante, podendo ser obtida a partir de recursos renováveis (fontes botânicas), disponível em todo o mundo, possui baixo custo de produção e obtenção, de excelente biodegradabilidade e, ainda, apresenta muitas possibilidades de modificação química, física ou genética (HERINQUE *et al.*, 2008; SHIMAZU *et al.*, 2007; VASQUES, 2007).

Devido a todos estes fatores, o amido não se limita mais apenas a aplicação como ingrediente na indústria alimentícia.

Atualmente constitui-se como fonte promissora para aplicações biomédicas, principalmente na pesquisa voltada à obtenção de biomateriais usualmente empregados em implantes, bem como constituinte na formulação de novos materiais para essas aplicações (VASQUES, 2007).

É o biopolímero mais utilizado para compor materiais biodegradáveis, tendo a capacidade de originar filmes e revestimentos resistentes (HERINQUE *et al.*, 2008; SHIMAZU *et al.*, 2007).

Os filmes obtidos do amido têm sido empregados para proteger alimentos com reduzido tempo de vida, como ovos e produtos hortícolas; sendo uma alternativa recente na conservação pós-colheita de produtos agrícolas, no intuito de minimizar perdas pós-colheita. Também, pode ser uma alternativa para alimentos gordurosos como queijos e chocolates e frios, sorvetes, iogurtes, etc; utilizado, também, como saco de lixo, fraldas infantis, hastes flexíveis com pontas de algodão para uso na higiene pessoal, na agricultura vem servindo como filme na cobertura do solo e recipientes para plantas. Também pode ser usado na preparação de cápsulas, na substituição do poliestireno expandido (ISOPOR[®]), na proteção de equipamentos durante o transporte, na produção de talheres, pratos e copos descartáveis, na fabricação de canetas, lapiseiras, brinquedos e outras aplicações onde o caráter biodegradável seja requerido (COLTRO, 2008; OLIVATO *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003; RÓZ, 2003; DAMASCENO *et al.*, 2003; VICENTINI *et al.*, 1999).

Como já foi citado, partes de vegetais como raízes, tubérculos, rizomas, sementes e polpas de frutos são fontes naturais que produzem amido e, de acordo com a sua origem, este biopolímero apresenta diferentes propriedades físicas, químicas e funcionais e, em consequência, produzem biofilmes com diferentes características mecânicas e de barreira. São vários os trabalhos científicos realizados em base de amidos para a produção de biofilmes (LAROTONDA *et al.*, 2004; MARTIN *et al.*, 2001). Entretanto, espécies da família das

tuberosas amiláceas, nas quais predomina o amido/fécula como componente, como o mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*), com exceção da mandioca, são pouco exploradas, surgindo à necessidade de estudar a obtenção desta fécula para a produção de filmes comestíveis, principalmente originária dos rizomas filhos do mangarito, por possuírem dimensões pequenas são pouco atrativos para a utilização culinária e conseqüentemente tem baixo valor comercial. Sendo isto, mais um motivo para pesquisas envolvendo seu aproveitamento, aliado a questão de não haver uma competição com o caráter alimentar.

2.5.2 Mangarito

O mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) (FIGURA 8) é uma planta herbácea sem caule aéreo, da família Araceae, originário da região centro-americana, que engloba as Américas Central e do Sul, podendo ser encontrado no México, Venezuela, Colômbia, Panamá, Costa Rica, Porto Rico, Peru e Brasil (COSTA *et al.*, 2008; LEITE *et al.*, 2007; MONTEIRO e PERESSIN, 1997). Em Porto Rico, esta cultura trata-se do cultivo mais antigo utilizado pelos aborígenes, sendo, mais tarde, levado para as ilhas do Pacífico, leste da Ásia e África (CEREDA, 2002a).

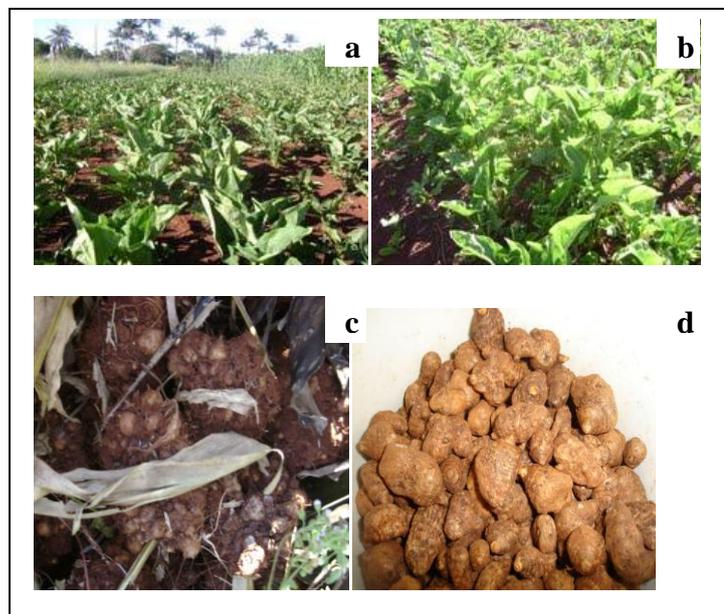


FIGURA 8. Mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*): a) planta, b) folhas, c) rizoma principal (mãe) com brotações laterais (filhos) e d) rizomas filhos.

No Brasil, populações Guarani vêm através dos séculos mantendo, ou até mesmo, gerando a biodiversidade de seus cultivares tradicionais, entre eles o mangarito (UTERMORHL e GONÇALVES, 2007; UTERMORHL e NUNES JR, 2006).

É conhecido também como tannia, tiquisque, malangay, no Brasil como mangará, taioba portuguesa e mangareto e pela população Guarani é denominado tayaó (COSTA *et al.*, 2008; LEITE *et al.*, 2007; MONTEIRO e PERESSIN, 1997; UTERMORHL e NUNES JR, 2006).

As referências, dados técnicos e informações a respeito desta espécie são escassas, principalmente as relativas ao manejo e as exigências nutricionais da cultura (COSTA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2005; MONTEIRO e PERESSIN, 1997).

Essa espécie apresenta rizoma subterrâneo principal, com brotações laterais e várias folhas grandes brotam do rizoma principal. As inflorescências são raramente férteis, produzindo poucas sementes viáveis e apresenta ciclo de nove a doze meses, sendo que durante os primeiros meses ocorre o desenvolvimento do rizoma e das folhas e nos últimos as folhas começam a secar, indicando o ponto de colheita da cultura; porém a colheita pode ser feita gradativamente de acordo com as exigências do mercado. O rizoma possui casca marrom escuro e uma polpa branca ou amarela (COSTA *et al.*, 2008; CEREDA, 2002a).

O plantio se faz em pequenos sulcos diretamente no solo ou inicialmente em canteiros de estufas (CEREDA, 2002a). Estudos indicam que o plantio iniciado em outubro é o mais propício (MONTEIRO e PERESSIN, 1997). Uma boa densidade de plantio é, por exemplo, 0,6 m entre plantas por 1 m entre camalhões. Em várias regiões, costuma-se colocar o mangarito em cultivo associado com café, cacau, cítricos e banana (CEREDA, 2002a).

Este rizoma prefere as regiões de baixadas, solos leves arenosos com um bom teor de matéria orgânica, além de bem drenados, como as margens dos rios, mas com boa irrigação e adubação pode se desenvolver em terrenos mais áridos, porém sugere-se que o mangarito seja uma espécie rústica em termos nutricionais, ou seja, possui pouca exigência em nutrientes, não sendo comum o emprego de adubação (COSTA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2005). Todavia necessita de clima quente com uma média de 25-30°C sem nenhum perigo de geadas, porém possui características de adaptação ambiental, possuindo um bom desenvolvimento com chuvas abundantes, mas consegue suportar alguns períodos de seca (ISOBE *et al.*, 2008; CEREDA, 2002a).

Devido às características das regiões de preferência e por apresentar características de adaptação ambiental, o mangarito já é produzido no bioma cerrado, em alguns municípios dos Estados de Goiás e do norte Minas Gerais.

No norte de Minas Gerais e no estado de São Paulo o mangarito é tradicionalmente cultivado por pequenos agricultores, apreciadores, de forma rudimentar, extrativista, sem aplicação de fertilizantes (COSTA *et al.*, 2008; MONTEIRO e PERESSIN, 1997).

A produtividade e o rendimento deste rizoma, além de estarem associados à região do plantio e suas respectivas características, têm interferências, também, da oferta de água e de nutrientes, do espaçamento, da época do plantio, da espécie e do tamanho rizoma.

Monteiro e Peressin (1997) estudaram o efeito de dois tamanhos de rizoma-semente (grande e pequeno, cinco e duas gramas respectivamente), de três épocas de plantio (início, meados e fim de outubro de 1985), em três locais do Estado de São Paulo, sem a utilização de irrigação complementar e observaram que no município da Serra Negra, com solo aluvial e produtividade média de 17,1 t/ha, ofereceu as melhores condições para o desenvolvimento da planta, seguido de Monte Alegre do Sul, que alcançou 10,2 t/ha em um podzólico vermelho-amarelo orto, e que as produções decresceram na medida em que se atrasou o plantio. No município de Itú, num solo podzólico vermelho-amarelo variação Laras, não houve produção por deficiência hídrica e, ainda, constataram que em geral, os rizomas-semente do tipo grande superaram os pequenos em termos de produção; pois proporcionaram, de maneira geral, maior produção de rizomas primários e de rizomas secundários dos tipos comerciais; que existem interações entre o tamanho dos rizomas-semente e a época de plantio; já que o efeito do tamanho da muda foi sempre mais evidenciado na primeira época de plantio e que os rizomas-semente do tipo primário (rizoma mãe), variando de 13 g a 40 g, foram mais produtivos que os rizomas-semente secundários (rizomas filhos), com cerca de 1,5 a 4,5 g.

Costa *et al.* (2005) concluíram em seus estudos realizados com mangarito, coletado em Latossolo Vermelho Amarelo sob vegetação de cerrado no município de Montes Claros/MG, que houve maior rendimento de rizomas mãe (173,91 g) e rizomas filho (760,00 g) no espaçamento de 1,0 x 0,5 cm, resultante do menor efeito competição entre plantas por água, nutrientes e luz. Já a produtividade por área, cinco toneladas/hectare para rizomas mãe e 20,28 toneladas/hectare para os rizomas filho, foi maior no espaçamento 0,5 x 0,5 cm, em função do maior número de planta por hectare.

Zárate *et al.* (2005) avaliaram o plantio do mangarito comum em solos latossolo vermelho distroférico, de textura argilosa, e concluíram que foi melhor cultivar o rizoma comum sob três linhas no canteiro e vinte centímetros entre as plantas e para utilizar os rizomas não comerciais, seja para farinha e/ou outra forma, a recomendação seria do cultivo sob quatro linhas e 15 cm entre as plantas.

Costa *et al.* (2008) ressaltaram sobre o estresse nutricional decorrente da deficiência ou do excesso de nutrientes ou de elementos químicos que interferem no metabolismo vegetal, relatando que é um importante fator na redução da produtividade, notadamente em solos tropicais de baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez.

Geralmente, esta espécie é pouco afetada pelas infestações fúngicas e pelos insetos. Eventualmente; na sua fase inicial, de maior susceptibilidade, pelo menos no que tange a parte aérea, principalmente, em épocas de maior temperatura e de menor pluviosidade; pode ser atingido pelos fungos: *Cercospora Chevalieri*, *C. verruculosa*, *Punctellinas solterai*, *Sclerotium rolfsii* e *Phythium spp.* e pelos insetos: *Lygyrus ebenus* (Coleóptera Scarabeidae), *Coballus cannae* (Lepidóptera-Hesperiida), *Cacographis orthalatis* (Lepidoptera-Noctuidae) e *Graphocephala propior* (homóptera-Aphididae), principalmente (LEITE *et al.*, 2007; CEREDA, 2002a).

A colheita do mangarito é realizada após a secagem e senescência das folhas, sendo muito comum deixá-lo no solo um ou dois dias após a colheita para facilitar a retirada de terra. Sua conservação ocorre à temperatura ambiente ou no frio, em condições normais de 26°C e 70% de umidade relativa à brotação ocorre na sexta semana, e a 7°C as raízes se conservam e podem ser consumidas durante quatro a cinco meses (CEREDA, 2002a).

O mangarito pertence à família das tuberosas amiláceas, nas quais predomina o amido como componente, e por isso é considerado eminentemente calórico, sendo considerada uma das espécies mais energéticas (107,2 Kcal/100 g) e valor nutricional comparável à batata (COSTA *et al.*, 2008; ZÁRATE *et al.*, 2005; CEREDA, 2002b; CEREDA, 2001).

Quanto a composição centesimal, este rizoma possui 24 g de glicídios, 3 g de protídios, 0,3 g de lipídios, 2 µg de retinol, 130 µg de tiamina, 20 µg de riboflavina, 6,4 mg de niacina, 7 mg de ácido ascórbico, 114 mg de cálcio, 398 mg de fósforo, 3,02 mg de sódio (CEREDA, 2001). O que representa em base seca 5,4% de proteínas, 0,6% de lipídeos, 88,5% de glicídios, 10,7% de fibras e 3,4% de cinzas (CEREDA, 2002a).

As características culinárias peculiares dos rizomas do mangarito fazem com que seja muito apreciado pela população rural que o produz (MONTEIRO e PERESSIN, 1997). São consumidos cozidos, ensopados com carnes e ao molho. Quando cozido o mangarito tem 26 a 30% de carboidratos e 1,7 a 2,5% de proteínas. Um uso secundário está no consumo das folhas jovens, que podem ser consumidas fervidas e são comparadas ao espinafre. Em Porto Rico é consumido também na forma de farinha, obtida a partir pedaços desidratados dos rizomas moídos, devendo essa farinha ser muito nutritiva e menos fibrosa do que a mandioca (COSTA *et al.*, 2008; CEREDA, 2002a).

Por ser pouco conhecida e consumida pela população urbana, esta espécie é considerada uma hortaliça não convencional (ISOBE *et al.*, 2008). É comercializada, sazonalmente, nos locais próximos às áreas de produção (MONTEIRO e PERESSIN, 1997).

No estado de Goiás, além de ser vendido em comércios locais, já é comercializado nas Centrais de Abastecimento (CEASA) e segundo dados do ano de 2006 em um volume de 501,500 toneladas, sendo 50% destas provenientes do próprio estado e as outras 50% do estado de São Paulo, por um preço médio de R\$1,40/kg (CEASA, 2006a; CEASA, 2006b).

No entanto, diante do recente interesse comercial do mangarito e de progressos tecnológicos que levem ao aumento da produção e da qualidade comercial de seus rizomas, este poderá popularizar-se como produto hortigranjeiro nacional (LEITE *et al.*, 2007; MONTEIRO e PERESSIN, 1997).

2.5.3 Plastificantes

Como os filmes confeccionados exclusivamente por amido são pouco flexíveis e quebradiços e apresentam baixa maquinabilidade, ou seja, se adequam com dificuldade aos processamentos convencionais para a produção de embalagens, a introdução de aditivos às matrizes poliméricas é necessária (SHIMAZU *et al.*, 2007).

Os aditivos mais utilizados na confecção das embalagens biodegradáveis são os plastificantes, materiais insolúveis ou de baixa solubilidade em água.

Seu emprego faz-se necessário para evitar o caráter quebradiço; por meio da redução das forças de ligação entre moléculas em sistemas de baixa umidade, aumentando a flexibilidade dessas embalagens e melhorando assim suas propriedades mecânicas; reduzir as temperaturas de transição de vítrea (T_g) e de fusão (MENDIETA-TABOADA *et al.*, 2008; MOURA, 2008; VASQUES, 2007).

E, ainda, sua adição é indispensável para impedir que a embalagem biodegradável ao absorver água inche, podendo resultar na perda de suas propriedades mecânicas e de barreira a gases e vapor de água, já que durante sua estocagem e seu uso os amidos termoplásticos são expostos a diferentes umidades (THIRÉ *et al.*, 2004; CARVALHO *et al.*, 1997).

As propriedades mecânicas estão intimamente relacionadas com a quantidade de plastificante presente na embalagem; geralmente, o aumento da quantidade de plastificante resulta em embalagens com menor tração à ruptura e maior flexibilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2006; SABATO, 2000).

Além das propriedades mecânicas, os plastificantes, também, afetam as físicas, porém sem alterar a natureza química das macromoléculas (VASQUES, 2007).

Entretanto, os plastificantes, além de miscíveis com o biopolímero, devem ser compatíveis e permanecer no sistema (SHIMAZU *et al.*, 2007; VASQUES, 2007).

Diversos plastificantes estão sendo utilizados na elaboração de filmes e coberturas comestíveis. Entre esses, podem-se destacar mono, di e oligossacarídeos (ex: glicose, frutose, manose, xilose, sacarose), polióis (ex: glicerol, sorbitol, etilenoglicol, dietilenoglicol, propilenoglicol), lipídios (ex: ácidos graxos saturados, monoglicerídeos, fosfolipídios) e triacetina (MENDIETA-TABOADA *et al.*, 2008).

Os plastificantes mais estudados e indicados para serem empregados em combinação com filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, materiais que interagem com as cadeias de amido, aumentando a mobilidade molecular e, conseqüentemente, proporcionando a estes materiais uma melhoria nas suas propriedades mecânicas (MALI *et al.*, 2010; SHIMAZU *et al.*, 2007).

Contudo, pesquisadores como Shimazu *et al.* (2007) e Oliveira *et al.* (2006) compararam os plastificantes glicerol e sorbitol, durante seus estudos, e relataram que o glicerol produziu mudanças mais efetivas nas propriedades mecânicas, exercendo plastificação mais efetiva, tornando os filmes mais hidrofílicos (por aumentar a sua capacidade de interação com a água) e mais flexíveis.

Pode-se dizer que atualmente o glicerol é um dos plastificantes mais empregados na formação de embalagens biodegradáveis (JAVANMARD, 2009; HEWAGE e VITHANARACHCHI, 2009; CORRADINI *et al.*, 2008; DIAS, 2008; BOURTOOM, 2008; MOURA, 2008; SHIMAZU *et al.*, 2007; BERTUZZI *et al.*, 2007; BOTREL *et al.*, 2007; RIGO, 2006; OLIVATO *et al.*, 2006; MOORE *et al.*, 2005; SCHOU *et al.*, 2005; LAROTONDA *et al.*, 2004; SOBRAL *et al.*, 2004; SABATO, 2000; YANG e PAULSON, 2000; MONTERREY e SOBRAL, 1999; PÉREZ-GAGO e KROCHTA, 1999).

2.5.3.1 Glicerol

O glicerol (FIGURA 9), é um polioliol, conhecido também como 1,2,3-propanotriol, glicerina, trihidroxipropano, glicil álcool, gliceril e 1,2,3-trihidroxipropano, composto por três hidroxilas (RIVALDI *et al.*, 2007/2008; ARRUDA *et al.*, 2006/2007; SABATO, 2000).

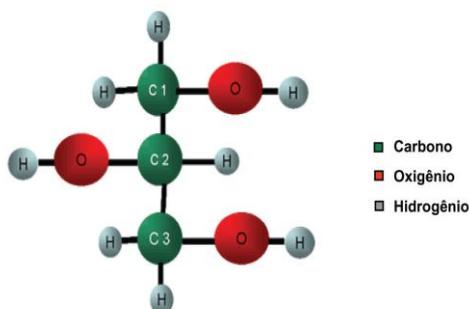


FIGURA 9. Estrutura do glicerol (ARRUDA *et al.*, 2006/2007).

Foi descoberto por Carl W. Scheele em 1779, durante a separação de uma mistura aquecida de óxido de chumbo (PbO) preparada com óleo de oliva (RIVALDI *et al.*, 2007/2008; ARRUDA *et al.*, 2006/2007).

O glicerol na sua forma pura apresenta-se como um líquido viscoso, incolor, inodoro e higroscópico, com sabor adocicado, solúvel em água e álcool, insolúvel em éter e em clorofórmio (RIVALDI *et al.*, 2007/2008; ARRUDA *et al.*, 2006/2007).

Na natureza, este polioliol existe em vegetais (soja, mamona, babaçu, girassol, palma, algodão, coco, dendê, pinhão manso) e animais, em formas combinadas de glicerol com ácidos graxos, formando glicerídeos (RIVALDI *et al.*, 2007/2008; ARRUDA *et al.*, 2006/2007).

Comercialmente a produção do glicerol ocorre por via química; a partir da sua recuperação de vários produtos, tornando-o um subproduto natural das indústrias de sabão, de biocombustíveis, como o biodiesel, e de gorduras na produção de ácidos graxos; ou por alternativa de produção microbiana, ou, ainda, por produção sintética, por meio de cloreto de alil via epicloridrina (RIVALDI *et al.*, 2007/2008; ARRUDA *et al.*, 2006/2007).

Grande quantidade de glicerol vem sendo gerada, advinda da produção de biodiesel, visando reduzir futuros problemas ambientais por acúmulo deste polioliol torna-se necessária à busca de alternativas para sua utilização (RIVALDI *et al.*, 2007/2008).

Numerosas pesquisas estão sendo desenvolvidas nesse sentido, no entanto, os esforços ainda constituem uma solução em longo prazo. A biotecnologia apresenta alternativas para a obtenção de produtos de alto valor agregado como bio-pesticidas, pigmentos, aromas, polímeros, antibióticos e proteínas recombinantes (RIVALDI *et al.*, 2007/2008).

Atualmente, o glicerol possui ampla aplicação industrial, sendo bem conhecido por seu efeito plastificante e seu emprego na tecnologia de alimentos, com destaque, também, na fabricação de resinas sintéticas, gomas de éster, detergentes, remédios, cosméticos, pastas de

dentes, aditivos e no processamento de tabaco (ARRUDA *et al.*, 2006/2007; SABATO, 2000).

2.5.4 Elaboração dos filmes biodegradáveis

A obtenção dos biofilmes, assim como a de coberturas biodegradáveis, está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e no acréscimo de aditivos (plastificantes) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica (GONTARD *et al.*, 1992).

Após o preparo, esta solução deve passar por uma operação de secagem, a qual pode ocorrer pela técnica de espalhamento (*casting*) ou extrusão, para a formação dos filmes ou coberturas (PRATES, 2010; GONTARD *et al.*, 1992).

Os parâmetros da secagem das soluções filmogênicas devem ser considerados na elaboração dos filmes biodegradáveis. De modo geral, a variação de umidade, além de contribuir para a variação da espessura dos filmes, para uma dada quantidade de matéria seca, influência também as propriedades mecânicas devido ao efeito plastificante da água, enquanto solvente de materiais higroscópicos (GENNADIOS *et al.*, 1994; TORRES, 1994).

Na técnica de *casting* uma quantidade de solução filmogênica é depositada em um molde e submetida à secagem em estufa ou secadores de bandeja. O solvente, então, é evaporado, provocando um aumento da concentração do biopolímero na solução, formando de uma rede tridimensional (PRATES, 2010; WARD e NUSSINOVITCH, 1997; GONTARD *et al.*, 1992).

Essa técnica de *casting* é a mais empregada e discutida na pesquisa de filmes biodegradáveis (PRATES, 2010; ANDREUCETTI *et al.*, 2009; JAVANMARD, 2009; HENRIQUE *et al.*, 2008; MOURA, 2008; DIAS, 2008; SHIMAZU *et al.*, 2007; OLIVATO *et al.*, 2006; MARTELLI, 2005; FAKHOURI *et al.*, 2007; DAVANÇO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2007; RIGO, 2006; MARQUES *et al.*, 2006; SOBRAL, 2000; MONTERREY e SOBRAL, 1999). Apresenta bons resultados no âmbito laboratorial, resultando em um material com alta transparência, porém exige um controle rigoroso da forma do suporte e do nível da estufa, para evitar diferenças na espessura provocadas por desníveis durante a secagem e, também, da temperatura, devendo os filmes ser secados a baixas temperaturas para que não quebrem durante a etapa de secagem (MALI *et al.*, 2010; MOURA, 2008).

A extrusão é um método mais rápido e requer menor energia na remoção de água, forma materiais rígidos, com boa resistência à permeabilidade de água, entretanto, o

equipamento utilizado é de custo elevado e os filmes formados têm a transparência comprometida em muitos casos (MOURA, 2008).

2.5.5 Propriedades dos filmes biodegradáveis

Algumas propriedades funcionais destes filmes são: reduzir a migração de umidade, de gases (O_2 , CO_2), de óleo ou gordura, de aromas e de soluto; oferecer uma integridade estrutural adicional aos alimentos, melhorando a integridade mecânica ou as características de manuseio do alimento; reter compostos aromáticos e poder carregar aditivos alimentícios (antioxidantes, antimicrobianos e flavorizantes) (SANTOS, 2009; KROCHTA e MULDER-JOHNSTON, 1997).

Além disso, as vantagens dos filmes biodegradáveis compreendem o fato de que podem ser consumidos junto com o alimento, ser produzidos a partir de componentes biodegradáveis e de atuarem como suporte de nutrientes e/ou aditivos que melhoram as características nutricionais e sensoriais do alimento (SANTOS, 2009).

Uma das mais importantes propriedades de um filme biodegradável e/ou comestível é a sua permeabilidade ao vapor de água, que é definida pelo "Annual Book of Standards" (ASTM E96-80) como a taxa de transmissão de vapor de água por unidade de área de um material delgado, de espessura conhecida, induzida por uma diferença de pressão entre duas superfícies específicas, sob condições de temperatura e umidade relativa específicas (ASTM, 1985). Entretanto, esta não deve ser confundida com transporte através de poros; a permeabilidade verdadeira consiste de um processo de solução e difusão onde o vapor dissolve em um lado do filme e, então, difunde para o outro lado (SABATO, 2000).

Para determinar a permeabilidade ao vapor de água comumente são empregadas às técnicas gravimétricas, padronizadas pela ASTM E96-80 e envolvem basicamente duas versões, ou seja, o método do dessecante e método da água (SABATO, 2000).

Para isto, é necessário que a amostra de filme seja selada na boca do recipiente de teste contendo o dessecante e o conjunto é colocado numa câmara com temperatura e umidade relativa controladas e posteriormente pesagens periódicas são realizadas, permitindo determinar a taxa de transmissão de água através da amostra (SABATO, 2000).

Todavia, diversos fatores afetam as medidas de permeabilidade ao vapor de água, sendo de grande importância à estabilidade da umidade relativa dentro da célula de teste, a vedação da amostra do filme no recipiente de teste e a câmara com temperatura e umidade relativa controladas; já que o intervalo de ar estagnado entre a amostra e o dessecante no

recipiente pode resultar em diferenças significantes entre a pressão de vapor do dessecante e a condição experimental verdadeira da pressão parcial de vapor dentro do recipiente e abaixo do filme (SABATO, 2000).

As vantagens do método gravimétrico se constituem no fato de permitir o controle dos parâmetros experimentais e o custo relativamente baixo, e a maior desvantagem é o tempo necessário para obtenção dos resultados. Como a maioria dos filmes comestíveis são barreiras pouco efetivas contra a umidade, o tempo de teste pode variar de um a quatro dias (SABATO, 2000).

A permeabilidade ao vapor de água é considerada uma das propriedades de barreira de materiais, sendo assim depende de vários fatores, tais como: densidade, coeficiente de solubilidade do polímero com a água, morfologia e concentração das macromoléculas, área e espessura do filme, tempo de permeação e temperatura (DIAS, 2008).

Por exemplo, Dias (2008) relata que a presença de plastificantes e resíduos de solventes aumenta a taxa de difusão em polímeros e Sabato (2000) diz, ainda, que a permeabilidade ao vapor de água é diretamente proporcional à quantidade do vapor de água e à espessura do filme e inversamente proporcional à área do filme, ao tempo e à diferença de pressão parcial do vapor de água.

A permeabilidade ao vapor de água tem importantes implicações em filmes para embalagens de alimentos. A permeação de vapor de água é a maior preocupação no desenvolvimento de barreiras nas embalagens a fim de obter a vida de prateleira desejada, pois vários alimentos são susceptíveis à deterioração devido ao aumento do teor de umidade (DIAS, 2008).

O conhecimento da permeabilidade ao vapor de água é imprescindível para a aplicação dos filmes de amido, porém, de acordo com Sobral (2000), não é uma propriedade restritiva: um material muito permeável, como é o caso dos filmes de amido, poderá ser indicado para embalagem de vegetais frescos, enquanto que um filme pouco permeável poderá ser indicado para produtos desidratados.

A solubilidade em água também é uma importante propriedade dos filmes biodegradáveis; uma vez que a grande maioria dos filmes elaborados a partir de carboidratos possui grande afinidade com a água; o que interfere diretamente nas suas aplicações (MOURA, 2008).

Exemplificando, biofilmes com alta solubilidade podem ser interessantes para a embalagem de alimentos desidratados que devam sofrer uma hidratação prévia ao consumo. Por outro lado, muitas aplicações demandam embalagens resistentes à água, como no caso

alimentos com alta atividade de água, ou mesmo para se evitar a transpiração de produtos frescos (MONTERREY-QUINTERO e SOBRAL, 1998).

Para determinar a solubilidade, a qual informa sobre a quantidade de material hidrossolúvel presente nos materiais biodegradáveis, uma das metodologias mais utilizadas é a proposta por Gontard *et al.* (1992). A solubilidade em água é avaliada pela porcentagem de peso seco não solubilizado, após a imersão da amostra em água por 24 horas, ou seja, pela diferença entre o peso seco inicial da amostra e peso seco após a etapa de solubilização, calcula-se a porção solúvel da amostra (MOURA, 2008).

As propriedades mecânicas dos biofilmes são características, também, determinantes para a sua utilização como material de embalagem, devido ao manuseio a que estão sujeitos os produtos durante sua distribuição e comercialização (MONTERREY e SOBRAL, 1999).

Estas propriedades estão entre as características mais estudadas, já que implicam diretamente em sua utilização, e dependem fortemente da técnica de formação do filme; formulação (macromolécula, solvente, plastificante, ajustador de pH), por exemplo, o teor de plastificante é um importante fator capaz de alterar o perfil de propriedades mecânicas de um filme de amido, e processo de obtenção; e de sua estrutura coesiva (MALI *et al.*, 2010; DIAS, 2008; MARTELLI, 2005). Essas propriedades podem ser medidas através de testes de perfuração, tração e relaxação (MALI *et al.*, 2010).

A metodologia padrão para os ensaios de resistência mecânica segue as especificações ASTM D882-00 (2001) e deve-se lembrar da importância de se condicionar os filmes a uma umidade e temperatura controladas, não somente no momento da análise. Alguns filmes biodegradáveis podem levar dias para um acondicionamento uniforme, e as análises também devem ser feitas sempre com o mesmo período de fabricação, para que eventuais diferenças de degradação do material não alterem o resultado final de avaliação (MOURA, 2008).

Nos testes de perfuração, uma sonda cilíndrica desce perpendicularmente à superfície do filme, que está fixado sobre um suporte de medida, até que ocorra o rompimento da amostra; são medidas a força e deformação na ruptura através dos gráficos de força *versus* deslocamento (MALI *et al.*, 2010).

As propriedades de tração são as mais relatadas e dentre elas as mais estudadas estão a resistência máxima à tração, o alongamento máximo na ruptura e o módulo de elasticidade ou de Young (MALI *et al.*, 2010; MARTELLI, 2005).

O ensaio de determinação das propriedades de tração de um filme flexível envolve a separação, em uma velocidade constante, de duas garras que prendem as extremidades de um corpo-de-prova, registrando-se ao longo do ensaio a força ou a resistência que o material

oferece à deformação, a qual é o alongamento relativo do corpo-de-prova em relação a seu comprimento original (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

A resistência máxima à tração (MPa), como o próprio nome já diz, é a resistência máxima oferecida pelo material quando submetido à tração, expressa pela relação entre a força, medida pela área transversal inicial do corpo de prova. Já o fator de ruptura é a relação entre a força máxima de tração por unidade de largura inicial do corpo de prova (MOURA, 2008). O alongamento (%) é a relação percentual entre o alongamento do corpo-de-prova no teste e seu comprimento inicial e o módulo de Young (MPa) é a relação entre a tensão de tração e a deformação na região elástica, em que a resposta do corpo-de-prova ao alongamento é crescente e linearmente proporcional à tração imposta, ou seja, o módulo de Young é um indicador da rigidez do filme, sendo que, quanto maior o módulo, mais rígido é o filme (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002).

Dentre todas as propriedades dos biofilmes de amido, as mecânicas podem ser consideradas as mais restritivas, pois, em geral, estes materiais devem ser resistentes à ruptura quando submetidos a tração, ao rasgamento, ao impacto e à abrasão, para proteger e reforçar a estrutura dos alimentos e, ainda, devem ser flexíveis, para adaptar-se a possíveis deformações sem se romper (DIAS, 2008; SOBRAL, 2000).

Como se pode observar, a escolha de um filme biodegradável destinado a conter um alimento não é tão simples. Sobral (2000) retrata que o uso dos biofilmes em embalagens para alimentos vai depender, além de parâmetros como custo e disponibilidade, de suas propriedades funcionais: propriedades mecânicas (resistência e flexibilidade), propriedades ópticas (cor e opacidade), propriedades de barreira (permeabilidades ao vapor de água, ao O₂ e ao CO₂), solubilidade em água e propriedades sensoriais. Essas propriedades dependem do biopolímero usado (conformação, peso molecular, distribuição de cargas, polaridade), das condições de fabricação (pH, concentração de amido na solução filmogênica, tratamento térmico da solução, tipo e teor de aditivos, como os plastificantes) e das condições ambientais (temperatura e umidade relativa), importantes devido a natureza higroscópica dos biopolímeros e do plastificante usados.

Outro parâmetro que influencia as propriedades dos plásticos biodegradáveis é a espessura (MAHMOUD e SAVELLO, 1992; CUQ *et al.*, 1996), a qual nem sempre é considerada, sendo pouco estudada, mas é fundamental (SOBRAL, 1999; MALI *et al.*, 2010).

A espessura dos filmes é definida como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material (HENRIQUE *et al.*, 2008). Seu controle, apesar de difícil,

sobretudo nos processos de produção do tipo *casting*, é de extrema importância e requer toda a atenção para se avaliar a uniformidade desses materiais, a repetibilidade da medida de suas propriedades e a validade das comparações entre filmes (SOBRAL, 1999).

A espessura influencia diretamente várias propriedades. A resistência à perfuração, a permeabilidade ao vapor de água, a diferença de cor e a opacidade dos dois biofilmes aumenta linearmente com a espessura dos corpos-de-prova (SOBRAL, 2000; MALI *et al.*, 2010).

Ressalta-se, ainda, mais um fator indispensável, o conhecimento sobre o alimento que será conservado. Abreu *et al.* (1998) ressaltam que o conhecimento sobre a fisiologia pós-colheita do fruto é de grande importância para que se tenham subsídios técnicos, visando à ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais.

2.5.6 Competitividade com as embalagens convencionais

Apesar das embalagens biodegradáveis, inclusas as à base de amido, serem constituídas, basicamente, de matérias-primas provenientes de fontes renováveis, atóxicas e de alta biodegradabilidade; levando apenas cerca de 20 dias para se degradarem, sem deixar resíduos, vários outros fatores, ainda, impedem a competitividade igualitária com as embalagens convencionais. Uma vez que a produção destas é muito mais complexa comparativamente com a dos polímeros sintéticos, o seu custo é mais elevado, possuem insuficientes propriedades mecânicas e de barreira à umidade, gases, luz, aroma, baixa durabilidade, técnicas de fabricação e propriedades funcionais não perfeitamente conhecidas e investigação limitada relativamente às suas possíveis interações químicas com os alimentos (CARR *et al.*, 2006; ALVES e TOMÁS, 2003).

2.5.7 Legislações e normas

Leis, decretos, resoluções, instruções normativas e normas técnicas podem auxiliar na introdução e credibilidade das embalagens biodegradáveis no mercado.

Atualmente, existem projetos de leis tramitando no senado, como o apresentado pela senadora Maria do Carmo Alves, e em alguns municípios, Foz do Iguaçu/PR, Canoas/RS e Belo Horizonte/MG, que determinam a substituição de embalagens plásticas convencionais por biodegradáveis. Se estes projetos forem aprovados e sancionados aumentará o interesse de empresas na defesa, divulgação e comercialização destas embalagens.

Já existem, também, normas técnicas relacionadas às embalagens biodegradáveis, como as NBR 15448-1, de 14.01.2008 e NBR 15448-2, de 14.01.2008, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR 15448-1 define os termos técnicos referentes a embalagens plásticas degradáveis e/ou renováveis e a NBR 15448-2 especifica os requisitos e os métodos de ensaio para determinar a compostabilidade de embalagens plásticas, visando à revalorização de resíduos pós-consumo, por apontamento das características de biodegradação aeróbica seguida da desintegração e impacto no processo de compostagem (ABNT, 2008a; ABNT, 2008b).

E, ainda, há alguns países europeus, com legislação mais rígida, que já exigem algum tipo de certificação que os produtos e suas embalagens não agridem o meio ambiente, sendo a utilização de embalagens biodegradáveis uma maneira de minimizar problemas ambientais e neste sentido evitar, também, impacto econômico direto aos países exportadores, como o Brasil, por exemplo (DIAS, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios de Química e de Engenharia Agrícola da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (UnUCET) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), localizada em Anápolis/GO, e no laboratório de Reologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos (EMBRAPA/RJ), no período de julho de 2009 a setembro de 2010.

Os rizomas filhos foram cedidos pela Fazenda Veadinho, localizada no perímetro rural do município de Uberlândia/MG (Latitude: 18° 56' e 59, 140" ao sul e longitude 48° 03' e 57,833" ao Oeste). A colheita dos rizomas foi realizada mês de julho de 2009, quando suas folhas já estavam secas e senescentes, após nove meses de cultivo. Os rizomas filhos foram transportados, em temperatura ambiente, em sacos plásticos de rafia; que permitem a circulação do ar; até a UnUCET, onde permaneceram armazenados a temperatura ambiente até a extração da fécula.

Os rizomas filhos foram pesados, selecionados, lavados em água corrente e secos em temperatura ambiente. A caracterização física dos rizomas realizou-se, em triplicata, mediante a pesagem e mensuração da amostra, que foi obtida por meio do quarteamento até atingir 100 rizomas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A pesagem e a mensuração foram realizadas com auxílio de uma balança semi-analítica (Marte, AL 500, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil) e de um paquímetro digital de precisão 150 mm (Digimess, São Paulo, SP, Brasil), respectivamente.

Parte dos rizomas filhos, com casca, foi triturado em liquidificador industrial LQ (Visa, Brusque, SC, Brasil) e coletadas amostras para análise da composição química. Os rizomas restantes foram utilizados para a extração e purificação da fécula. Estes foram moídos em macro moinho de rotor circular com facas móveis e fixas (Marconi, MA-580, Piracicaba, SP, Brasil) até passar por uma peneira de malha contendo furos de 1 mm de diâmetro. A fécula foi separada da massa leitosa através de peneiragens sucessivas usando peneiras de malhas finas com furos de diferentes diâmetros (150, 75, 45 e 38 mm), seguida de decantação em baldes plásticos. A fécula obtida foi lavada com álcool etílico para remoção de substâncias gordurosas, filtrada a vácuo e seca em estufa com circulação e remoção de ar (Marconi, MA035, Piracicaba, SP, Brasil) a 45 °C até peso constante, resfriada à temperatura ambiente e acondicionada em frascos plásticos até sua utilização.

A composição química dos rizomas e da fécula foi determinada em base úmida (b.u.) e seca (b.s.). A umidade, o extrato etéreo e as cinzas foram determinados segundo método do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para as determinações dos açúcares totais, não redutores e redutores e fibra bruta, usou-se a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (2000). O teor protéico foi determinado pela técnica microkjedahl de acordo com Brasil (2009). Os carboidratos foram calculados por diferença, subtraindo-se de 100 os valores encontrados para umidade, proteínas, extrato etéreo e cinzas. O valor energético total calculou-se multiplicando as porcentagens totais de lipídios, proteínas e carboidratos, de cada amostra, pelos seus valores calóricos respectivos: 9 kcal, 4 kcal e 4 kcal (fatores de conversão de Atwater). Para análise do teor de amido utilizou-se a metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas de Cereda *et al.* (2004) adaptada, ao invés de utilizar o microondas, a digestão foi realizada em uma autoclave, sendo que após atingir 1 Kgf cm⁻², marcou-se à 20 min.

A morfologia e tamanho dos grânulos da fécula foram analisadas segundo a técnica descrita por Vigneau *et al.* (2000), com modificações. Para este fim, três amostras de fécula foram coletadas com fio de platina e misturadas, sobre lâmina de vidro, com uma gota de lugol e, posteriormente, coberta com lamínula. Este mesmo processo foi repetido, porém sem o lugol. As lâminas foram observadas em microscópio óptico LEICA DME, tipo EC3 (Wetzlar, Alemanha), sendo capturadas, selecionadas e analisadas dez imagens de cada amostra, totalizando 60 imagens, pelo software LAS EZ, o qual possibilita a visualização clara do formato e a estimativa do tamanho dos grânulos da fécula.

A viscosidade de pasta determinou-se em RVA (Rapid Visco Analyzer 4, Newport Scientific PTY LTD, Sydney, Austrália), seguindo-se sua metodologia para materiais amiláceos. Preparou-se uma solução com 3 g de fécula com umidade corrigida para 14% (b.s.) adicionados de água destilada até peso final de 28 g (ASCHERI *et al.*, 2006). A temperatura inicial de 25 °C foi aumentada, gradualmente, até 95 °C, sendo mantida constante por 3 min. O resfriamento foi realizado também gradualmente até a temperatura final de 25 °C. Do perfil de viscosidade se analisaram a viscosidade máxima, definida como o valor da viscosidade (em centipoise, cP) no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento; a temperatura e o tempo de gelatinização, definidos como a temperatura (°C) e o tempo (min) necessário para atingir o ponto máximo de viscosidade de pasta.

A análise calorimétrica foi realizada em um calorímetro diferencial de varredura DSC Q200 (TA Instruments, New Castle, EUA) de acordo com a metodologia de Fakirov *et al.* (1997).

Para a elaboração dos filmes biodegradáveis foi utilizada a técnica *casting* descrita por Vicentini (2003). As diferentes soluções filmogênicas foram preparadas em base a 2 g de fécula para 100 mL de água destilada, misturadas em soluções plastificantes que variaram de acordo com o delineamento experimental da Tabela 1, aquecidas até a temperatura e tempo de gelatinização da fécula previamente estabelecidos pelo RVA. Após a gelatinização, a solução foi aplicada sobre placas de Petri de polietileno de 8 cm de diâmetro e desidratadas, em estufa a 30°C, até massa constante. Posteriormente, as placas foram armazenadas em dessecador ambientado a uma umidade relativa de 54% (solução saturada de NaCl) até a retirada dos filmes.

TABELA 1 - Variáveis independentes e seus níveis estudados.

Fator	Níveis dos fatores				
	$-\alpha$ (1,414)	-1	0	+1	$+\alpha$ (1,414)
Glicerol (%)	10	12,93	20	27,07	30
Massa (g)	19,17	20	22	24	24,83

A aparência dos filmes foi analisada no microscópio óptico Leica; sob as lentes oculares objetivas de 100X, com auxílio do óleo de imersão Tipo A. Para isto, aproximadamente 2 mm² do filme foi recortado e colocado em lâmina histológica umedecida com água destilada e depois coberto com lamínula. As imagens foram analisadas pelo software LAS EZ.

A espessura foi medida com um micrômetro manual externo (Digimess, São Paulo, SP, Brasil), de precisão 0,001 mm, onde foram medidos dez pontos distintos, sendo um deles o central.

A solubilidade ocorreu em amostras com 2 cm de diâmetro, de umidade conhecida, pesadas e mergulhadas em 50 mL de água destilada. O sistema foi agitado lentamente por uma mesa agitadora orbital (Tecnal, TE-420, Piracicaba, Brasil) por 24 h, a 25 °C. Após este período as amostras foram retiradas da água e secas (a 105 °C por 24 h) em estufa para determinar o peso do material que não foi solubilizado. A solubilidade foi expressa pela porcentagem do material, conforme Equação 1:

$$Massa(\%) = \frac{PI - PF}{PI} \times 100 \quad (1)$$

onde: PI é a massa inicial do material seco e PF é a massa do material seco não solubilizado.

A permeabilidade foi determinada gravimetricamente segundo teste da ASTM, modificado por Gontard *et al.* (1993). Os biofilmes elaborados foram colocados em célula

contendo sílica gel (UR = 0%; 0 mmHg pressão de vapor), constituindo uma membrana. A célula então foi colocada dentro de um dessecador contendo água destilada (UR = 100%; 32,23 mmHg pressão de vapor), em sala climatizada a 22 °C, e posteriormente, pesada em balança analítica (Bioprecisa, FA2104N, São Paulo, SP, Brasil) a cada 24 h, totalizando 144 h (seis dias consecutivos). A permeabilidade foi calculada pela Equação 2:

$$Pva = \frac{G V}{A T (p_1 - p_2)} \quad (2)$$

em que: Pva = permeabilidade ao vapor d'água (g mm m⁻² d⁻¹ mmHg⁻¹); G = massa ganho pela célula durante 24 h (g); V = espessura média do filme (mm); A= superfície de permeação do filme (m²); T = tempo (d); p₁- p₂= gradiente de pressão de vapor entre as superfícies do filme (32,23 mmHg).

Para estudar o efeito da porcentagem de glicerol (GLI) na solução filmogênica (SF) e da massa de SF sobre a solubilidade e permeabilidade dos filmes biodegradáveis estudados, usou-se um delineamento central composto, tipo estrela, com cinco repetições no ponto central e quatro axiais. As variáveis foram estabelecidas com três níveis codificados -1, 0, +1 de acordo com Box *et al.* (1978).

Esse delineamento apresentou quatro níveis de variáveis axiais codificados como - α e + α . O valor de α é função do número de variáveis independentes, sendo definido como mostra a Equação 3:

$$\alpha = (2^k)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1,414 \quad (3)$$

O delineamento estatístico requereu um número mínimo de tratamentos experimentais. Neste experimento, foram usados 11 tratamentos (com uma repetição), sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais (uma variável no nível $\pm \alpha$ e outra no nível 0) e cinco centrais servindo como estimativa do erro experimental para determinar a precisão do modelo polinomial (COCHRAN e COX, 1964).

Na Tabela 2, apresentam-se os valores codificados e reais do delineamento experimental em estrela para duas variáveis independentes e cinco níveis de variação. As respostas (Y) ou variáveis dependentes estudadas foram: solubilidade e permeabilidade.

TABELA 2 – Delineamento Experimental.

Tratamentos	X ₁	X ₂	Glicerol (%)	Massa (g)
T1	-1	-1	12,93	20
T2	-1	1	12,93	24
T3	1	-1	27,07	20
T4	1	1	27,07	24
T5	-1,41	0	10	22
T6	1,41	0	30	22
T7	0	-1,41	20	19,17
T8	0	1,41	20	24,82
T9	0	0	20	22
T10	0	0	20	22
T11	0	0	20	22

Fazendo uso da análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade, uma equação de segunda ordem foi aplicada para estabelecer um modelo matemático preditivo das variáveis dependentes (KHURI e CORNELL, 1987), conforme Equação 4:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i<j} b_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (4)$$

em que: Y é a função resposta genérica, x é a variável estudada, b representa os coeficientes estimados pelos métodos dos mínimos quadrados, sendo sua significância avaliada pelo valor da probabilidade (p), adotando-se um valor de $p \leq 0,05$, para todos os ensaios, e ε é o erro experimental.

A adequação do modelo polinomial foi avaliada comparando-se a proporção da variação explicada, isto é, pela análise do coeficiente de determinação R^2 e pelo método de seleção para frente (*forward selection*) até que o valor das somas dos quadrados do erro (SQE) não variasse ou até completar os coeficientes do modelo proposto.

Uma vez obtido o modelo polinomial ajustado às respostas, sua otimização foi feita pela técnica proposta para variáveis dependentes (DERRINGER e SUICH, 1980). Esta se baseia na definição de uma função de desejabilidade (D) restrita no intervalo de 0 a 1. Quanto maior o valor de D, mais conveniente é a resposta do sistema, sendo que o valor máximo de D é a solução otimizada do sistema.

Os gráficos de superfície de resposta foram desenhados através do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes ao mesmo tempo em que mantém as demais variáveis constantes no ponto central.

Os dados experimentais foram descritos por meio de médias e desvios-padrão, sendo processados e analisados com o auxílio do programa de análise estatística Statistica 8.0 (STATSOFT, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Rizomas Filhos de Mangarito

Os rizomas filhos do mangarito (Figura 10) apresentaram forma irregular com diferentes dimensões e massas (Figura 11). Possuem uma polpa branca que não se oxida em contato com o ar, o que é uma vantagem para sua extração e purificação sem uso de agentes antioxidantes. No entanto, na superfície observou-se uma película fina de cor marrom que requereu abundante água para a sua retirada e, assim mesmo, permaneceu durante o processo de extração, requerendo peneiragens sucessivas com peneiras finas e tempo prolongado (18 a 24 h) para sua separação.



FIGURA 10. Rizomas filhos de mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) coletados no município de Uberlândia/MG.

A massa variou entre 1 e 8 g (FIGURA 11a), entretanto, 82% dos rizomas possuíram uma massa em torno de 2-5 g, representando a média de 3,5 g. Monteiro e Peressin (1997) também mediram a massa de rizomas filhos coletados em três municípios distintos do Estado de São Paulo e chegaram a resultados semelhantes com massas entre 1,5 e 4,5 g. Os diâmetros, maior e menor variaram entre 14 e 32 mm (Figura 11b) e entre 10 e 20 mm (Figura 11c), respectivamente. Foi observado que 69% dos rizomas apresentaram diâmetro maior, variando entre 20-26 mm, enquanto que 88% destes apresentaram diâmetro menor, entre 12-18 mm, inferindo uma média de diâmetros maior e menor de 23,0 e 15,0 mm, respectivamente. Estas dimensões são importantes no processo de extração da fécula, uma vez que durante a extração da fécula não foi necessário reduzir o tamanho dos rizomas e os mesmo passaram diretamente para a moagem.

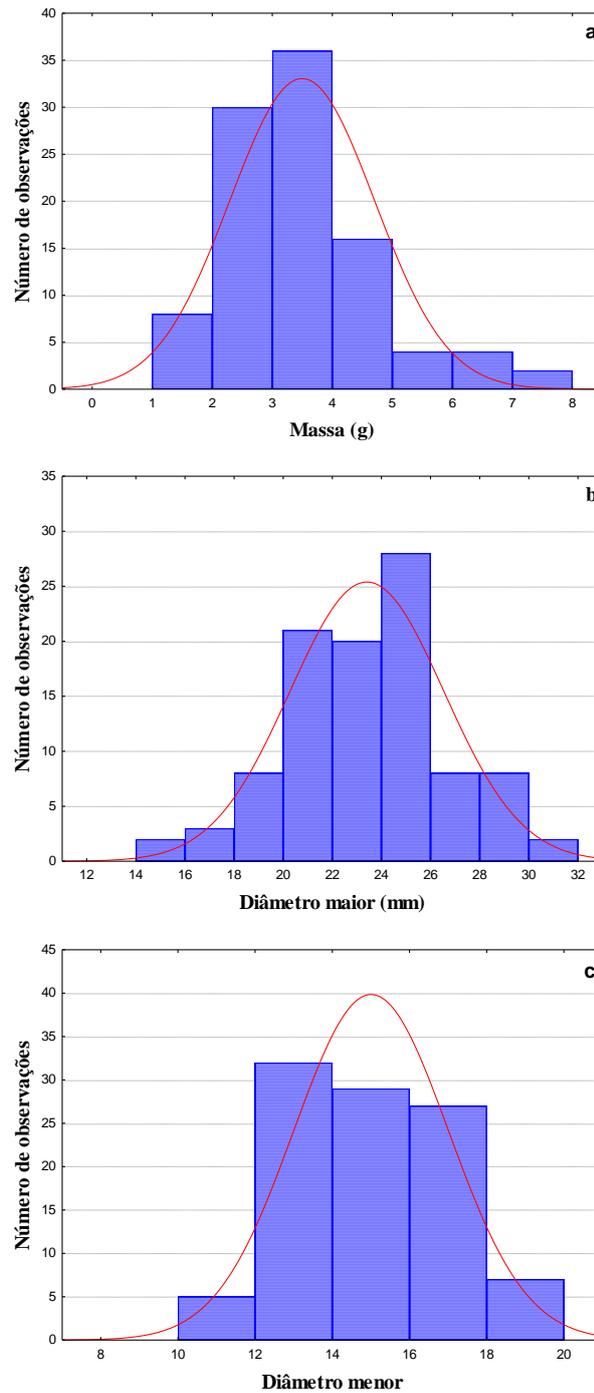


FIGURA 11. Distribuição da massa (a), e do tamanho: diâmetro maior (b) e diâmetro menor (c) dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott).

De acordo com os resultados da composição química (Tabela 3), os rizomas filhos do mangarito são altamente energéticos (369 Kcal/100 g, bs) e se constituem principalmente de amido (91,35 g/100 g, bs), resultado promissor, considerando-se o objetivo de processamento deste para extração do amido, superando os teores de amidos da araruta (76 g/100 g, bs) e da mandioca (88,5 g/100 g, bs) analisados respectivamente por Leonel *et al.* (2002b) e Feniman (2004).

TABELA 3 - Composição centesimal dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) em base úmida e seca.

Componente	Média ¹ ± Desvio Padrão	
	Base Úmida	Base Seca
Umidade (g/100g)	73,51 ± 0,44	-
Cinzas (g/100g)	1,50 ± 0,03	5,54 ± 0,05
Lipídios (g/100g)	0,12 ± 0,02	1,43 ± 0,36
Proteínas (g/100g)	2,15 ± 0,65	3,20 ± 0,05
Fibra Bruta (g/100g)	2,39 ± 0,37	4,29 ± 0,07
Açúcares Redutores (g/100g)	0,19 ± 0,09	0,05 ± 0,02
Açúcares Não Redutores (g/100g)	0,12 ± 0,09	0,01 ± 0,01
Açúcares Totais (g/100g)	0,31 ± 0,16	0,06 ± 0,02
Carboidratos (g/100g)	22,72 ± 0,87	96,23 ± 0,33
Amido (g/100g)	-	91,35 ± 2,48
Valor Energético (kcal/100g)	100,56 ± 1,92	369,00 ± 2,28

¹ Média obtida de três repetições

Os resultados apresentados na Tabela 3 aproximam-se bastante ao relatado por Cereda (2001; 2002b) para este mesmo rizoma (sem especificar o tipo de rizoma "filho" e/ou "mãe"). Entretanto, o teor de cinzas encontrado neste trabalho (1,50 g/100 g, bu) foi superior ao de Cereda (2002b), o que provavelmente pode estar associado à presença da casca ou simplesmente por diferenças entre as regiões de plantio e suas respectivas características, bem como também da oferta de água e de nutrientes, do espaçamento e da época do plantio.

Costa *et al.* (2008) abordam em seu estudo que o valor nutricional deste rizoma é comparável ao da batata, porém ao comparar os valores descritos no Tabela 2 com diferentes rizomas, tubérculos e raízes (TABELA 10, Anexo A), constata-se que, apesar dos resultados serem próximos ao da batata baroa, se assemelham mais ao do cará e do inhame.

4.2 Caracterização da Fécula dos Rizomas Filhos de Mangarito

A extração e purificação da fécula deste rizoma foram eficientes, uma vez que os grânulos possuem baixos teores de outras frações em sua composição química, conforme pode ser visualizado na Tabela 4, o que resulta em uma fécula de alta qualidade, já que quanto menor o teor dos demais componentes melhor a qualidade da mesma (PERONI, 2003). Porque geralmente estas substâncias afetam as suas propriedades funcionais, principalmente os lipídios, por serem responsáveis pela fixação de cor, desenvolvimento de aromas e complexações (MOURA, 2008). Dentre as propriedades funcionais mais afetadas estão as propriedades de pasta da fécula, em que a presença lipídios inibe o inchamento do grânulo (JANE *et al.*, 1999) e, conseqüentemente, a capacidade de formação e características do gel, que recebem interferência não somente da natureza do amido e de sua concentração, mas,

também, da concentração de açúcares, proteínas, lipídeos e sais presentes (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

TABELA 4 - Composição centesimal da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*), em base úmida e seca.

Componente	Média ¹ ± Desvio Padrão	
	Base Úmida	Base Seca
Umidade (g/100g)	7,40 ± 0,37	-
Cinzas (g/100g)	0,12 ± 0,03	0,13 ± 0,03
Lipídios (g/100g)	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
Proteínas (g/100g)	0,61 ± 0,17	0,66 ± 0,18
Fibra Bruta (g/100g)	0,37 ± 0,05	0,40 ± 0,05
Açúcares Redutores (g/100g)	0,25 ± 0,20	0,27 ± 0,22
Açúcares Não Redutores (g/100g)	0,37 ± 0,18	0,41 ± 0,19
Açúcares Totais (g/100g)	0,64 ± 0,38	0,69 ± 0,42
Carboidratos (g/100g)	91,81 ± 0,33	99,15 ± 0,21
Amido (g/100g)	88,14 ± 1,41	95,19 ± 1,90
Valor Energético (kcal/100g)	370,24 ± 1,47	399,83 ± 0,10

¹ Média obtida de três repetições

O teor de umidade da fécula isolada é inferior a vários outros citados na literatura, como por exemplo, os amidos extraídos por Ferrari *et al.* (2005) de araruta (10,49% para 12 meses de cultivo e 9,85% para 14 meses de cultivo), por Leonel *et al.* (2002a) de biri (9,73%) e por Cereda e Leonel (2002) de mandioquinha-salsa (12,4 ± 2,3%), de batata doce (9,9 ± 0,9%) e de gengibre (10,1 ± 0,5%), e também atende o padrão estabelecido pela Legislação Brasileira, Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, apesar desta especificar somente o teor máximo para amidos de cereais (15%) e para as féculas de batata e mandioca (21% e 18% respectivamente) (BRASIL, 2005).

O mesmo ocorreu com os valores encontrados para cinzas e lipídios respectivamente, 0,21% e 0,18% e 0,10% e 0,29% em araruta com 12 e 14 meses de cultivo respectivamente (FERRARI *et al.*, 2005), 0,18% e 0,13% em mandioquinha-salsa, 0,50% e 0,24% em gengibre (CEREDA e LEONEL, 2002) e 0,24% e 0,12% em biri (LEONEL *et al.*, 2002a). Sendo o baixo teor de lipídios (< 1%) característico das féculas, o que faz destas mais neutras e menos sujeitas a complexações.

E diferentemente com o teor proteico determinado, 0,03 ± 0,01% em Lírio-do-brejo (MOURA, 2008), 0,19% em araruta com 12 e 14 meses de cultivo (FERRARI *et al.*, 2005) e 0,05% em biri (LEONEL *et al.*, 2002a).

Os grânulos da fécula podem ser visualizados na Figura 12 e apresentaram forma arredondada, circular, alguns sendo formados, onde se verifica a presença do hilo, e poucos danificados, o que pode ter decorrido do processo de moagem. Esta mesma morfologia foi

observada por Leonel (2007) e Deang e Del Rosário (1993) ao estudarem o amido da taioba, cultura pertencente à mesma família e gênero do mangarito.

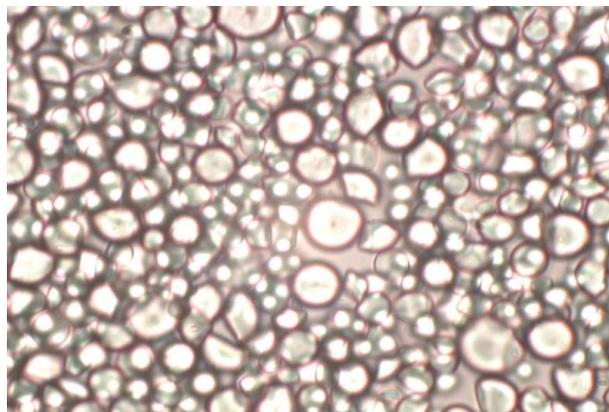


FIGURA 12. Microfotografia de grânulos da fécula isolada de rizomas filhos do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott).

Comparando-os com grânulos de outros amidos e féculas de outras famílias descritos na literatura, observa-se que diferencia das formas dos grânulos de lírio do brejo; elipsóide, truncada, pentagonal e irregular (ASCHERI *et al.*, 2010), de gengibre; arredondado e achatado (VIEIRA, 2004), de biri; oval, circular e achatada (LEONEL *et al.*, 2002a), do milho; poliédrica (THOMAS e ATWELL, 1999; TEIXEIRA *et al.*, 1998), da banana; poliformismo (TEIXEIRA *et al.*, 1998), porém assemelha aos grânulos de mandioca; redonda, oval (THOMAS e ATWELL, 1999).

De acordo com Vieira (2004), o tamanho dos grânulos e sua distribuição estão entre os fatores que influenciam as propriedades funcionais dos amidos. Por exemplo, grânulos pequenos (2,0 μm) podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante ao dos lipídeos. Outras aplicações, nas quais o tamanho dos grânulos é importante, é a produção de filmes plásticos biodegradáveis e de papéis para fax (LEONEL, 2007). Além disso, é um importante parâmetro para se definir etapas do processo de extração deste polissacarídeo.

Os grânulos de fécula dos rizomas filhos do mangarito apresentaram distribuição do tamanho das partículas variando de 5,36 μm a 22,13 μm , com uma maior concentração de grânulos com 10 a 15 μm , alcançando uma média de 12,5 μm (FIGURA 13). Estes dados estão de acordo com o da taioba, citados por Leonel (2007), diâmetro variável de 5 a 25 μm , com uma maior concentração de grânulos com 10 a 15 μm , e por Deang e Del Rosário (1993), tamanho de 6-24 μm .

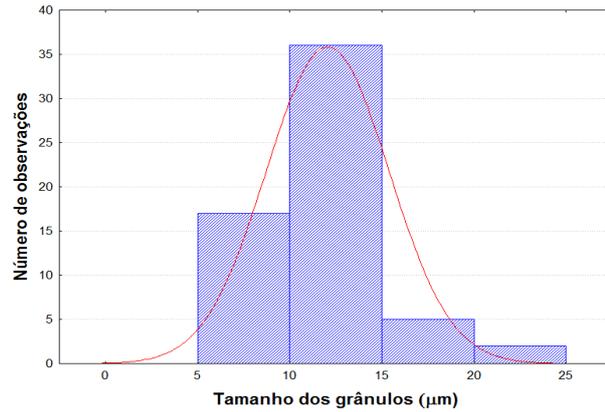


FIGURA 13. Frequência do tamanho dos grânulos da fécula isolada de rizomas filhos do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*).

Ao relacionar o tamanho destes grânulos com os de outras fontes botânicas, exclusas as pertencentes a mesma família, nota-se que apresenta dimensão intermediária, muito próxima a do milho, 5 a 25 μm (THOMAS e ATWELL, 1999).

O perfil de RVA da fécula de rizomas filhos do mangarito (FIGURA 14 e TABELA 5) mostrou modificações na viscosidade dos grânulos, em função do tempo e da temperatura.

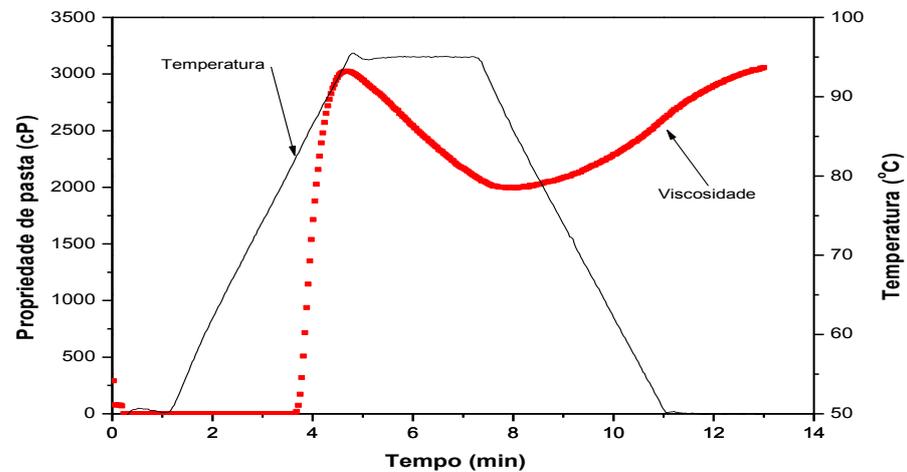


FIGURA 14. Perfil de viscosidade de pasta da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*), em função do tempo e da temperatura.

TABELA 5 - Propriedades de pasta da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) e de amidos de diferentes fontes botânicas.

Amidos/Fécula	Viscosidade (cP)			Temp. de pasta (°C)	Tempo de Pico (min)
	Pico	Quebra	Final		
<i>Xanthosoma mafaffa Schott</i> (mangarito)	3031,5	1039,5	3055,5	82,7	4,7
<i>Hehychium coronarium</i> (lírio-do brejo) ¹	3989	304	6665	78,7	6,3
<i>Manihot. Esculenta</i> (mandioca) ²	3156	1920	1968	67,4	5,8
<i>Maranta arundinacea</i> (araruta) ²	4068	2448	2364	71,7	6,4
<i>Canna edulis</i> (biri) ²	5023	2408	4074	71,2	7,3
<i>Curcuma longa</i> (açafraão) ²	6154	122	9474	84,5	11,6

Fonte:

¹ Moura (2008)

² Peroni (2003)

Nos primeiros 3,6 minutos (tempo de pasta), os grânulos de fécula não sofreram modificações e a viscosidade mostrou-se muito baixa (0,5 cP). A alta temperatura de pasta (82,7 °C) indicou que esta fécula teve alta resistência à expansão. Após o início da formação de pasta, os grânulos começaram a intumescer, aumentando a viscosidade até 3031,50 cP (viscosidade de pico no ciclo de aquecimento), em 4,7 min, a aproximadamente 95 °C. Durante o período de aquecimento, o perfil de viscosidade apresentou formato pouco arredondado, mostrando um aumento mais abrupto da viscosidade em função do aumento da temperatura, indicando que as forças de ligações que mantêm seus grânulos são homogêneas, apresentando ainda certa resistência, coesão entre elas, o que torna seu gel relativamente resistente ao cozimento e à ação mecânica, provocando queda de 1039,50 cP na viscosidade (quebra), em 4,8 minutos. Durante o período de resfriamento, o aumento da viscosidade foi de 1063,50 cP (tendência à retrogradação), atingindo uma viscosidade final de 3055,50 cP.

Ao comparar o perfil de viscosidade da pasta desta fécula com outras encontradas na literatura, observa-se, com relação aos valores de temperatura de pasta, viscosidades e tempo de pico em minutos, descritos na Tabela 5 que a fécula isolada dos rizomas filhos do

mangarito possui uma alta temperatura de pasta, sendo inferior somente a do açafrão, tempo e viscosidade de pico inferior a todas outras e viscosidade de quebra e final intermediária, tendo a de quebra superior a do lírio-do-brejo e do açafrão e a final maior apenas que a da mandioca e da araruta.

De acordo com Krieger *et al.* (1997), as propriedades térmicas, durante o processo de gelatinização do amido, são muito importantes para a determinação de sua funcionalidade e utilização na indústria. As propriedades térmicas da fécula dos rizomas filhos do mangarito estão apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6 - Propriedades de gelatinização da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) e de outras fontes botânicas.

Amido/Fécula	Geleificação			
	T _o ¹ (°C)	T _p ² (°C)	T _c ³ (°C)	ΔH ⁴ (J/g)
<i>X. mafafa Schott</i>	76,2	78,42	81,00	0,16
<i>H. coronarium</i> ⁵	73,10	79,22	99,90	16,16
<i>M. esculenta</i> ⁶	61,15	67,73	73,95	13,73
<i>C. edulis</i> ⁶	65,44	70,08	74,84	14,24
<i>C. longa</i> ⁶	78,78	82,68	89,04	13,73
<i>Z. officinale</i> ⁶	81,77	87,41	93,28	20,23

¹Temperatura inicial; ²Temperatura de pico; ³Temperatura de conclusão; ⁴Varição de entalpia.

Fonte:

⁵Moura (2008)

⁶Peroni (2003)

Relacionando as temperaturas iniciais de gelatinização (T_o) obtidas do DSC com as temperaturas de pasta do RVA, observa-se que a temperatura inicial de formação de pasta da fécula de *Xanthosoma mafaffa Schott* apresentou valor menor em relação à temperatura de formação de pasta (82,7 °C). O mesmo foi observado por Peroni (2003) para amidos de *M. esculenta*, *C. edulis*, *C. longa* e *Z. officinale* que apresentam valores de empastamento maiores do que os obtidos pelo DSC. De acordo com Pérez *et al.* (1998), a temperatura de pasta obtida pelo RVA apresenta-se maior devido à menor sensibilidade em detectar os primeiros acréscimos na viscosidade de pasta dos amidos, diferente da temperatura inicial de gelificação, que é detectada quando os primeiros grânulos começam a se desorganizar, ou seja, os valores do DSC são mais precisos, enquanto os do RVA apresentam uma faixa de temperatura.

Segundo Krueger *et al.* (1987) e Yoo e Jane (2002), uma única endoterma apresentada para todos os amidos, significa que não há amilose complexada com lipídios, já que estes, se existentes, poderiam fundir proporcionando uma endoterma na faixa de temperatura de 91-

100 °C. Isso era de se esperar uma vez que amidos de raízes, rizomas e tubérculos apresentam quantidades muito baixas de lipídios. Como citado acima, a presença de lipídios na fécula de mangarito foi bem baixa, média de 0,06%.

O valor da endoterma desta fécula foi de 0,16 J/g, mostrando-se bem inferior aos valores encontrados para *M. esculenta*, *C. edulis*, *C. longa*, *Z. officinale* e *H. coronarium* (Tabela 6); o que pode indicar fraca associação da amilopectina, resultando em uma força menor necessária para provocar o rompimento da estrutura dos grânulos e conseqüentemente ocorrer a gelatinização; já que de acordo com Noda *et al.* citados por Singh *et al.* (2004), as temperaturas inicial, de pico e de conclusão são influenciadas pela estrutura molecular da região cristalina, que corresponde à distribuição das cadeias curtas de amilopectina, e, ainda, com o relato de Fernandes (2009) que a variação de entalpia do gel pode ser correlacionada com a cristalinidade da amilopectina e com a força com que as duplas hélices formadas por suas cadeias estão associadas com o grânulo do amido, sendo assim, quanto maior esse valor maior será a força necessária para o rompimento da estrutura dos grânulos, resultando em gelatinização.

4.3 Caracterização dos Filmes Biodegradáveis

A Figura 15 mostra um exemplo de filme biodegradável elaborado com a fécula de mangarito, água e glicerol. As variações da concentração de glicerol e da espessura não influenciaram no aspecto visual dos mesmos, apresentando-se, em geral, transparente, incolor, flexível, porém, alguns se apresentaram mais quebradiços e de difícil manuseio.



FIGURA 15. Foto de um Filme biodegradável à base de fécula de mangarito, água e glicerol.

A Figura 16 evidencia as condições nas quais as soluções filmogênicas foram submetidas, tais como: disponibilidade de água, tempo e temperatura de gelatinização, temperatura utilizada para a secagem dessas (30 °C). Os filmes apresentam superfícies homogêneas, atingindo a uniformidade desejável da gelatinização dos grânulos da fécula, assim como a plasticidade e transparência. Não foram observados os chamados fantasmas de amido (grânulos de amido parcialmente gelatinizados), como reportados por Moura (2008).

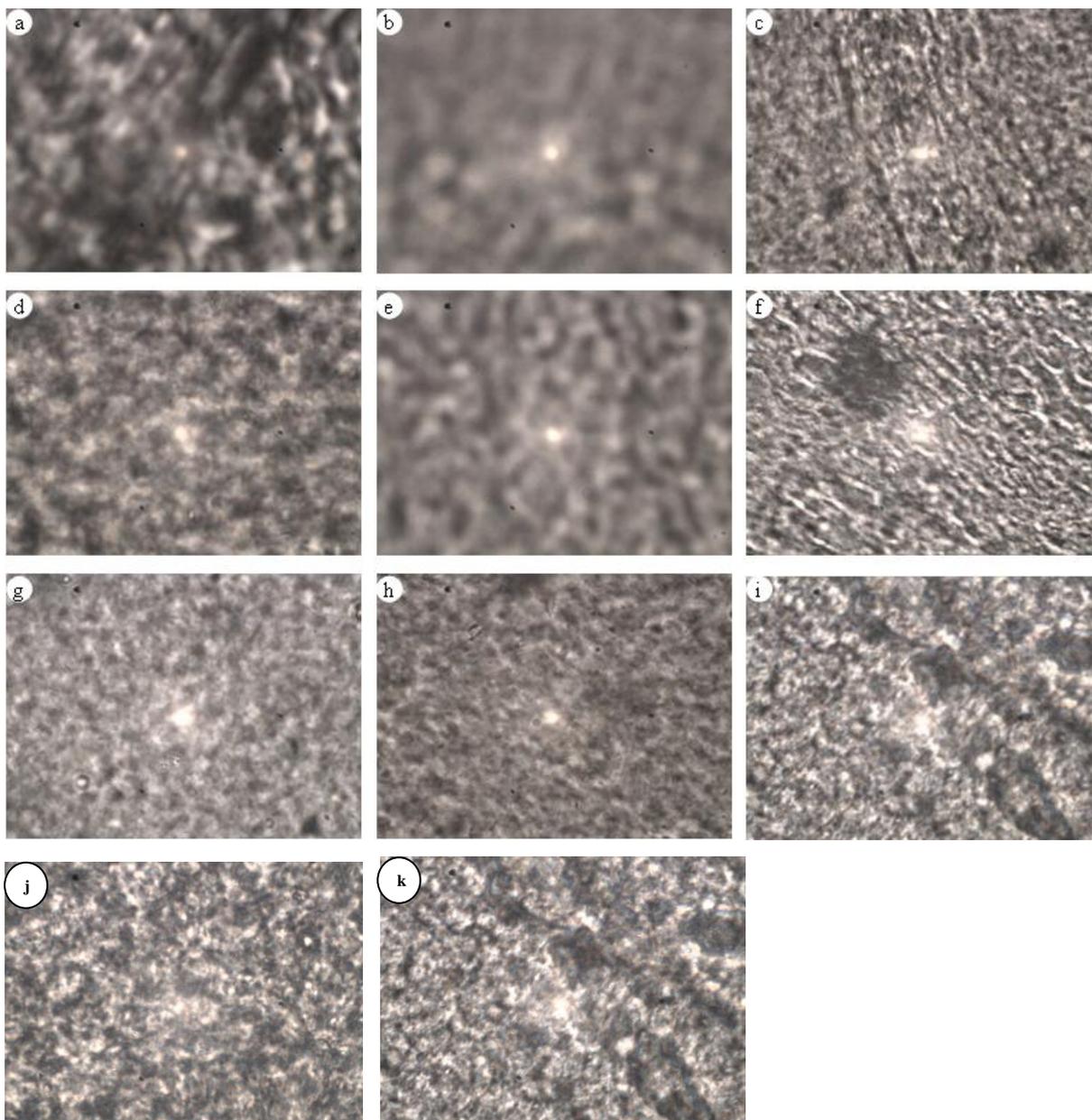


FIGURA 16. Microfotografias de filme biodegradável elaborado a partir de fécula do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), água e glicerol. a) tratamento 1; b) tratamento 2; c) tratamento 3; d) tratamento 4; e) tratamento 5; f) tratamento 6; g) tratamento 7; h) tratamento 8; i) tratamento 9; j) tratamento 10; k) tratamento 11.

Após a elaboração dos filmes, os mesmos foram caracterizados quanto à espessura, a solubilidade em água e a permeabilidade ao vapor de água, os resultados se mostram na Tabela 7.

TABELA 7 - Resultados experimentais das propriedades dos filmes biodegradáveis elaborados a base de fécula de mangarito, água e glicerol.

Tratamentos	Glicerol (%)	Massa (g)	Espessura (mm)	Solubilidade (%)	Pva ($\times 10^{-5}$) [g (m s Pa) ⁻¹]
T1	12,93	20	0,044±0,004	10,94±0,05	7,96±1,06
T2	12,93	24	0,056±0,006	32,905±1,24	7,97±0,18
T3	27,07	20	0,064±0,004	18,67±0,50	10,74±1,02
T4	27,07	24	0,078±0,004	36,22±0,53	12,75±0,34
T5	10	22	0,035±0,004	9,24±0,44	5,55±0,61
T6	30	22	0,081±0,001	27,66±0,93	11,66±0,99
T7	20	19,17	0,066±0,003	16,67±0,45	8,30±0,68
T8	20	24,82	0,070±0,003	35,00±1,39	9,36±0,47
T9	20	22	0,058±0,006	16,99±1,31	9,03±1,33
T10	20	22	0,056±0,000	16,39±0,73	8,97±1,33
T11	20	22	0,061±0,003	15,99±0,10	8,80±0,77

A espessura dos filmes é definida como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material (HENRIQUE *et al.*, 2008). O seu controle, apesar de difícil, sobretudo nos processos de produção do tipo *casting*, é de extrema importância (SOBRAL, 1999), pois influencia diretamente várias propriedades, como por exemplo na solubilidade e permeabilidade ao vapor de água (MALI *et al.*, 2010; SOBRAL, 2000; SABATO, 2000), o que pode ser constatado nos resultados apresentados na Tabela 6.

Na Tabela 8 pode-se observar que a espessura variou significativamente em função da concentração de glicerol e da quantidade de solução filmogênica ($p < 0,01$). Não dependeu da interação e o efeito dos fatores foi positivo, indicando que quanto maior a adição de glicerol na formulação e a quantidade de SF, maior a espessura do filme elaborado.

Aplicando-se o teste t a nível de 1 e 5% de probabilidade, selecionaram-se os coeficientes lineares do modelo polinomial de segundo grau (Equação 4) ajustado aos dados experimentais de espessura dos filmes (TABELA 8). O R^2 mostrou que mais de 92% da variação foi devido à regressão, portanto, o modelo é preditivo e foi descrito como na Equação 5:

$$Espessura (mm) = -0,0208 + 0,0019 GLI + 0,002 SF \quad (5)$$

TABELA 8 - Teste F, coeficientes do modelo polinomial de segundo grau aplicado (Coef.), coeficiente de determinação (R²) e respectivas significâncias estatísticas.

Fator	Espessura		Solubilidade		Permeabilidade ao vapor	
	Teste F	Coef.	Teste F	Coef.	Teste F	Coef.
Interc.	-	-0,0208 ^{ns}	-	536,58**	-	43,11*
GLI	227,39**	0,0019**	678,01**	1,06 ^{ns}	2336,60**	-0,59*
GLI ²	0,62 ^{ns}	-	59,25*	0,03*	6,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}
SF	19,96**	0,0020**	2108,42**	-52,94**	109,54**	-3,05*
SF ²	16,03*	-	630,79**	1,33**	21,96*	0,06*
GLI x SF	0,16 ^{ns}	-	19,07*	-0,08*	70,58**	0,04*
F. de aj.	6,91 ^{ns}	-	84,12*	-	65,80*	-
R ²	0,922		0,931		0,927	

*, **, ^{ns} = significativo e altamente significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

O gráfico desenhado pela Equação 5 está na Figura 17a. O aumento do glicerol e da quantidade de solução filmogênica gerou filmes com espessura maior, podendo-se alcançar um máximo de 0,086 mm para 30% de GLI e 25 g de SF, e um mínimo de 0,036 mm para 10% de GLI e 19 g de SF.

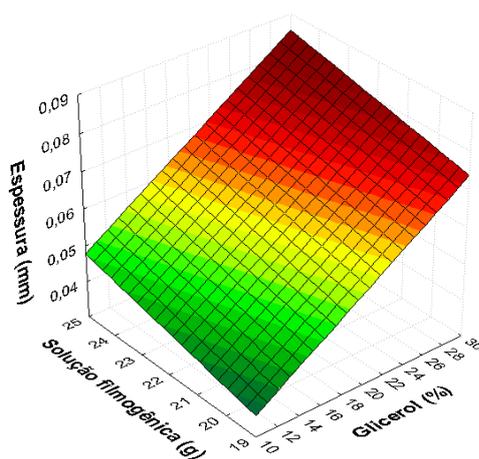
O aumento da espessura com o aumento do plastificante também foi observado por Shimazu *et al.* (2007) em filmes elaborados com amido de mandioca e glicerol. Os autores referiram que esse fenômeno se dá devido ao aumento de teor de sólidos na matriz polimérica formada após secagem das soluções filmogênicas, o que pode ter ocorrido no presente estudo uma vez que com o aumento da massa de SF se está aumentando ainda mais a quantidade de glicerol e de amido, que ao se gelatinizar, aumenta o volume do filme biodegradável.

De acordo com a Tabela 7, os filmes de fécula de mangarito e glicerol apresentaram uma solubilidade entre 9,24 e 36,22% e uma permeabilidade de $5,55 \times 10^{-5}$ a $12,75 \times 10^{-5}$ g (m s Pa)⁻¹. Estes resultados se devem principalmente à interação dos fatores glicerol *versus* massa de solução filmogênica (Tabela 7), isto é, a solubilidade e a permeabilidade dependem do efeito sinérgico causados por estes fatores. As Equações 6 e 7 representam estas variações, respectivamente:

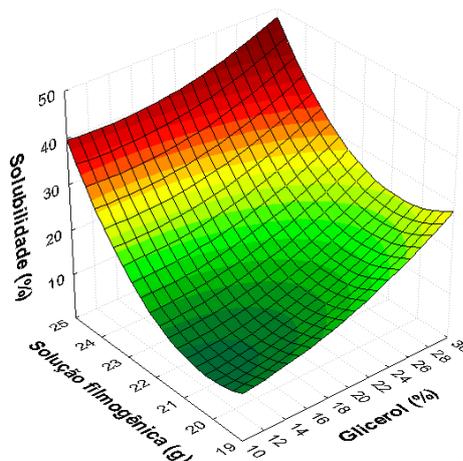
$$Solubilidade (\%) = 536,58 + 0,03 GLI^2 - 52,94 SF + 1,33 SF^2 - 0,08 GLI SF \quad (6)$$

$$Pva [g (m s Pa)^{-1}] = 43,11 - 0,59 GLI - 3,05 SF + 0,06 SF^2 + 0,04 GLI SF \quad (7)$$

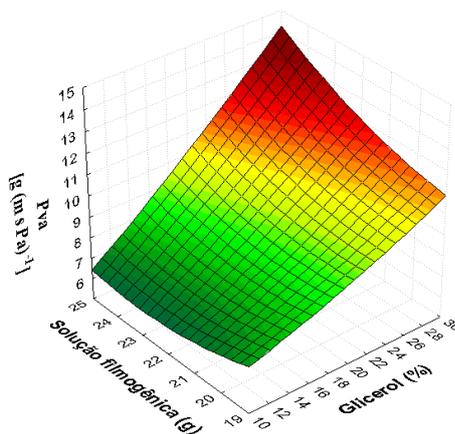
Os gráficos da Figura 17b e 17c mostram as variações da solubilidade e do Pva dos filmes. Os máximos alcançados por estas respostas foram de 48,20% e $14,28 \times 10^{-5} \text{ g (m s Pa)}^{-1}$ em filmes elaborados com 30% de glicerol e 25 g de solução filmogênica. Já os mínimos atingidos foram de 8,75% de solubilidade em filmes elaborados com 10% de glicerol e 20 g de SF e $6,31 \text{ g (m s Pa)}^{-1}$ de permeabilidade em filmes elaborados com 10% de glicerol e 22 g de SF. Segundo Cuq *et al.* (1997), com a incorporação de glicerol, a rede polimérica torna-se menos densa e, conseqüentemente, mais permeável. Resultados semelhantes foram relatados por Gontard *et al.* (1993), em filmes de proteína e por Mali *et al.* (2004), em filmes de amido de inhame. Dias (2008), por sua vez, diz que a presença de plastificantes aumenta a taxa de difusão em polímeros. Portanto, quanto maior a quantidade de plastificante maior a solubilidade e a permeabilidade ao vapor de água, fato que é verificado na Tabela 7 e Figuras 17b e 17c.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 17. Influência do glicerol e da quantidade de solução filmogênica na espessura (a), solubilidade (b) e permeabilidade ao vapor de água (P_{va}) (c) de filmes biodegradáveis a base de fécula de mangarito.

Quanto à otimização do processo de elaboração dos filmes, deve ser considerado, de um modo geral, que estes filmes possam ser usados como embalagens protetoras de produtos contra alterações provocadas por fatores adversos a sua conservação (umidade, luz, reações bioquímicas, ataque microbiano, insetos, etc.). Portanto, estes filmes deverão possuir boa propriedade de barreira ao vapor de água, isto é, baixa permeabilidade dentro de uma grande faixa de umidade relativa (SARMENTO, 1999), baixa solubilidade em água para manter a integridade do produto (PEREZ-GAGO e KROCHTA, 2001) e possuir uma espessura que permitam a manutenção da integridade do filme durante o processo de manipulação, empacotamento e transporte (DAVANÇO, 2006).

Nesse sentido, no presente estudo foram adotados critérios com base nas restrições anteriores para os valores mínimos, intermediários e máximos de cada resposta estudada para encontrar os valores operacionais ótimos das variáveis independentes, que satisfaçam simultaneamente todos os requisitos necessários às variáveis respostas (função desejabilidade), com valores baixos de permeabilidade e espessura e alta solubilidade. Esses critérios podem ser vistos na Tabela 9.

TABELA 9 - Condições de desejabilidade (d_i) adotados aos valores mínimos, intermediários e máximos das variáveis resposta durante a otimização da produção dos filmes biodegradáveis a base de fécula de rizomas filho de mangarito, em função da adição do glicerol e da quantidade de massa de solução filmogênica.

Variável resposta		Mínimo	Médio	Máximo
Espessura	Valor (mm)	0,035	0,058	0,081
	d_i	1,0	0,5	0,0
Solubilidade	Valor (%)	9,24	22,73	36,22
	d_i	0,0	0,5	1,0
Permeabilidade	Valor [g (m s Pa)^{-1}]	5,55	9,15	12,75
	d_i	1,0	0,5	0,0

Com base nos resultados da função desejabilidade (FIGURA 18), foi possível verificar que para se obter o máximo valor desta função global, ou seja, igual a 0,84, ter-se-á que operar os fatores GLI e SF em: 10,0% e 24,73 g, respectivamente. O filme assim elaborado possuirá uma espessura de 0,035 mm, solubilidade de 36,22% e permeabilidade de 5,55 [g (m s Pa)^{-1}].

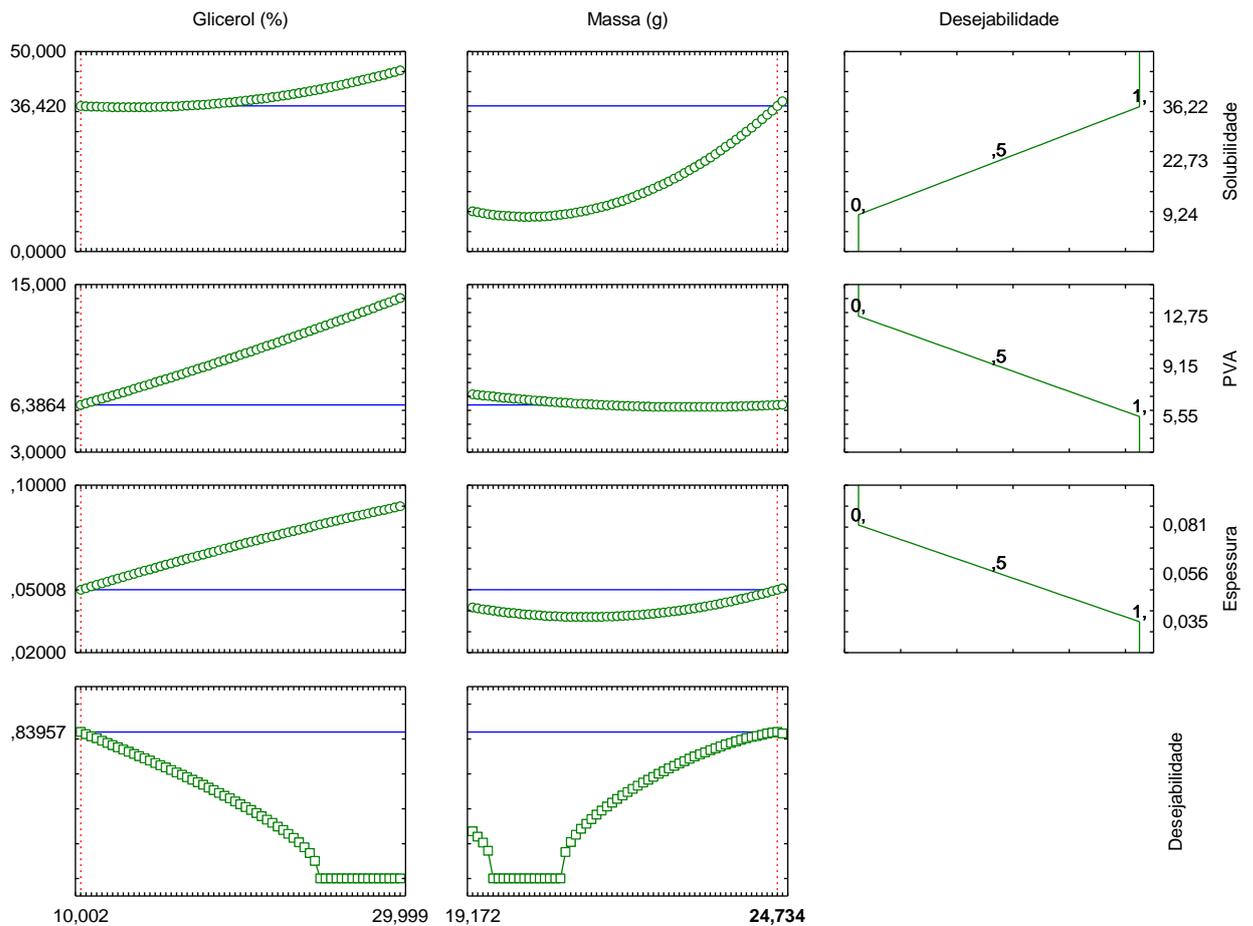


FIGURA 18. Resultados da função desejabilidade de filmes biodegradáveis a base de fécula de rizomas filho de mangarito e glicerol.

Nessas condições, o filme elaborado com fécula de rizoma filho de mangarito e glicerol pode ser uma alternativa para a aplicação em produtos que necessitem de hidratação prévia ao consumo, ou mesmo, em cobertura de sementes agrícolas que necessitem de rápida absorção de água para germinarem no campo ou como carreadores de aditivos necessários ao crescimento das mesmas (BATISTA *et al.*, 2005).

5 CONCLUSÕES

Ao estudar os rizomas filhos do mangarito, observou-se que possuem uma massa média de aproximadamente 3,5 g, diâmetros maiores e menores com média em torno de 23 mm e 15 mm, respectivamente, são altamente energéticos, constituído principalmente de fécula e não se oxidam em contato com o ar. Por causa destas características, estes rizomas são adequados para uso como matéria-prima amilácea.

A fécula isolada destes rizomas possui formato arredondado, circular, tamanhos variados (média de 12,5 μm), elevada temperatura de empastamento, estabilidade frente ao calor sob agitação mecânica e grande tendência à retrogradação, podendo ser indicada para uso em indústria de embalagens, adesivos e alimentos.

Na elaboração de filmes biodegradáveis as variações da concentração de glicerol e da espessura não influenciaram no aspecto visual dos mesmos e que as condições as quais as soluções filmogênicas foram submetidas foram suficientes para obter filmes biodegradáveis homogêneos.

A espessura variou significativamente em função da concentração de glicerol e da quantidade de solução filmogênica ($p < 0,01$), não dependendo da interação e o efeito dos fatores foi positivo. Ao avaliar a solubilidade e a permeabilidade verificou-se interação dos fatores glicerol *versus* massa de solução filmogênica, e que depende do efeito sinérgico causado por estes fatores.

Considerando os fatores desejáveis de baixas permeabilidade ao vapor de água e espessura e alta solubilidade, os filmes produzidos com 10% de glicerol e 24,73 g de solução filmogênica seriam aqueles que mais atenderiam estas características.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já existe um número considerável de estudos sobre embalagens biodegradáveis à base de amido/fécula, como alternativas para conservação de alimentos. Porém, para promover o uso destas, devem-se aumentar os esforços no sentido de desenvolver e validar métodos para uma detecção apropriada dos possíveis efeitos indesejáveis, ampliar a investigação com o objetivo de descobrir novos biomateriais; como a fécula de mangarito, por exemplo; e tecnologias que podem melhorar as propriedades mecânicas e de barreira, verificar se estes materiais estão em concordância com os requisitos de qualidade e segurança dos produtos alimentares, instituir normas legais e realçar o valor do produto; principalmente em relação ao apelo favorável à preservação do meio ambiente; de forma a justificar um possível custo adicional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.M.P.; CARVALHO, V.D.de.; GONÇALVES, N.B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.70-72, 1998.

ALVES, M.M.; TOMÁS R. Embalagens biodegradáveis. In: CASTRO, A.G.; POUZADA, A.S. (Coord). **Embalagens para a indústria alimentar**. Lisboa-Portugal: Instituto Piaget, 2003. cap. VIII, p. 371-388.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test methods for tensile properties of thin plastics sheeting (D 882-00). In: **Annual book of ASTM Standards**, Philadelphia. ASTM, 2001.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. American Society for Testing and Materials. **Standart test methods for water vapor transmission of materiais – E96 – 95**. Philadephia: ASTM, 1985. 8p.

ANDREUCCETTI, C.; CARVALHO, R.A.; GROSSO, C.R.F. Effect of hydrophobic plasticizers on functional properties of gelatin-based films. **Food Research International**, Canadá, v.42, s/n, p.1113–1121, 2009.

ARRUDA, P.V.de.; RODRIGUES, R.de.C.L.B.; FELIPE, M.das.G.de.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Analytica**, São Paulo, n.26, p.56-62, 2006/2007.

ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **CEPPA**, Curitiba, v.24, n.1, p.115-144, jan/jun, 2006.

ASCHERI, D.P.R.; MOURA, W.de.S.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P.de. Caracterização física e físico-química de rizomas e amido do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia/GO, v.40, n.2, p.159-166, 2010.

ASSIS, O.B.G.; BRITTO, D.de; FORATO, L.A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas**. São Carlos/SP: EMBRAPA. 2009. (Boletim, v.29).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-1**: embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 1: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2008a. 1p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-2**: embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 2: biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008b. 10p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. v.II, Gaithersburg: AOAC International, 2000, Gaithersburg.

AZEVEDO, H.M.C.de. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.21, n.2, p.267-278, 2003.

BASSINELO, P.L.; CASTRO, E.M. Arroz como alimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.108, 2004.

BATISTA, J.A.; TANADA-PALMU, P.S.; GROSSO, C.R.F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.25, n.4, p.781-788, 2005.

BERTUZZI, M.A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J.C.; Physicochemical characterization of starch based films. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.82, n.1, p.17-25, 2007.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.

BOTREL, D.A.; SOARES, N.de.F.F.; GERALDINE, R.M.; PEREIRA, R.M.; FONTES, E.A.F.F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.27, n.1, 2007.

BOURTOOM, T. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. **Journal of Science and Technology**, v.30, n.1, p.149-165, 2008.

BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. **Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis, and modo building**. New York: Wiley and Sons, 1978. 653 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 26 jun. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 91, de 11 de maio de 2001. Aprovar o Regulamento Técnico - critérios gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. Diário Oficial da União de 13 junho de 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 236, de 22 de setembro de 2005. Aprova o “Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”. D.O.U. 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de março de 2009. Aprova o método oficial para determinação dos parâmetros para avaliação do teor total de água contida em cortes de aves. D.O.U. 12.03.2009.

CARR, L.G.; PONCE, P.; PARRA, D.F.; LUGÃO, A.B.; BUCHLER, P.M. Influência da adição de caulim e CaCO₃ na propriedades mecânicas das espumas de amido. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu. **Resumo Expandido...** Foz do Iguaçu: CBECiMat, 2006. p.8778-8786. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos_area04.htm>. Acesso em: 02 abr. 2009.

CARVALHO R.; SOBRAL P.; MENEGALLI F.C. "Elaboração de biofilmes a base de gelatina". In: **Workshop sobre Biopolímeros**, p.94-98, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 1997.

CARVALHO, C.L.; ROSA, D.S. Gestão e caracterização dos resíduos plásticos domésticos recicláveis oriundos de posto de entrega voluntária. **Revista Brasileira de Aplicação de Vácuo**, São Paulo, v. 24, n.1, p.43-48, 2005.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS (CEASA/GO). **Acompanhamento conjuntural da comercialização volume por sub-grupo e por produto, participação de Goiás e outros estados**. Goiânia: CEASA/GO, 2006a. Disponível em:<<http://www.ceasa.goias.gov.br/ArquivosSiteCeasa/Conjunturas/analise2005/arquivos/28.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2009.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS (CEASA/GO). **Histórico de preços de mercadorias e produtos**. Goiânia: CEASA/GO, 2006b. Disponível em: <<http://www.agronegocio.goias.gov.br/docs/portal/historicoprecos2006.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2009.

CEREDA, M.P. Culturas da taioba. IN: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002a. cap. 28. 537-539p.

CEREDA, M.P. Culturas de tuberosas amiláceas latino americana. IN: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002b. Cap. 1. 13-25p.

CEREDA, M.P. Potencial das tuberosas americanas. SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE CULTURAS DO INHAME E DO CARÁ, 2001, Venda Nova do Imigrante. **Anais...** Venda Nova do Imigrante: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Espírito Santo, 2001.

CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R.; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas. **ABAM**, Paranavaí/PR, v.2, n.8, p.1-29, 2004.

CEREDA, M.P.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.22, n.1, p.65-69, 2002.

COCHRAN, B.Y.; COX, G.M. **Experimental desings**. 2ed. New York: John Willey, 1964.

COLTRO, L. **O segmento de embalagens plásticas na interpack'08**. São Paulo: ITAL – CETEA, 2008, 11p. (Boletim, v.20, n.3). Disponível em: <http://www.cetea.ital.sp.gov.br/cetea/informativo/v20n3/v20n3_artigo3.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2009.

CORRADINI, E.; AGNELLI, J.A.M; MORAIS, L.C.de.; MATTOSO, L.H.C. Estudo das propriedades de compósitos biodegradáveis de amido/glúten de milho/glicerol reforçados com fibras de sisal. **Polímeros**, São Carlos/SP, v.18, n.4, 2008.

COSTA, C.A.da; FERNADES, K.de.O; SAMPAIO, R.A.; GUANABENS, R.G.M; SILVA, F.W.S; GUSMÃO, C.A.G. **Rendimento do mangarito em função da adubação orgânica e do espaçamento**. Montes Claros: Núcleo de Ciências Agrárias/UFMG. 2005. 4p.

COSTA, C.A.da; RAMOS, S.J; ALVES, D.S.; FERNADES, L.A.; SAMPAIO, R.A.; MARTINS, E.R. Nutrição mineral do mangarito num Latossolo Vermelho Amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.102-106, 2008.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Rheological models for the mechanical properties of myofibrillar protein-based films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, p.1116-1122. 1996.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Selected functional properties of fish myofibrillar protein-based films as affected by hydrophilic plasticizers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.3, p.622-626. 1997.

DAIUTO, E.R. **Características de amidos de tuberosas e suas relações com resistências dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos**. 2005. 146p. (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu/SP.

DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P. Influência da granulometria de grânulos de amido sobre a densidade aparente de extratos atomizados. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada**, Araraquara/SP, v. 27, n.1, p.51-56, 2006.

DAMASCENO, S.; OLIVEIRA, P.V.S.de.; MORO, E.; MACEDO JR., K.; LOPES, M.C.; VICENTINI, N.M. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.23, n.3, p.377-380, 2003.

DAVANÇO, T. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes à base de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou ácido capróico e surfactantes**. 2006. 130f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP.

DAVANÇO, T.; TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capróico: efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.27, n.2, p.408-416, 2007.

DEANG, L.M.; DEL ROSARIO, R.R. Physicochemical characteristics of starches from some rootcrops. **The Philippine Agriculturist**, Philippines, v.76, n.4, p.443-455, 1993.

DERRINGER G. C.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several responses variables. **Journal of Quality Technology**, v.12, n.4, p.214-219, 1980.

DIAS, A.B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. 116p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina , Florianópolis/SC.

FAKHOURI, F.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.de.M.; MILANEZ, C.K.; STEEL, C.J.; COLLARES-QUEIROZ, F.P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amido nativo e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.27, n.2, p. 369-375, 2007.

FAKIROV, S.; SARAC, Z.; ANBAR, T.; BOZ, B.; BAHAR, I.; EVSTATIEV, M.; APOSTOLOV, A.A.; MARK, J.E.; KLOCZKOWSKI, A. Mechanical properties and transition temperatures of crosslinked-oriented gelatin. **Colloid and Polymer Science**, Berlin, v.275, n.4, p.307-314, 1997.

FENIMAN, C.M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), de cultivar IAC 576-70 quanto a cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheitas**. 2004. 99p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERNANDES, A.dos.S. **Extração e caracterização do amido de fruta-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hill) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 93p. (Mestrado em Ciências Moleculares). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO.

FERRARI, T.B.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S. Características dos Rizomas e do Amido de Araruta (*Maranta arundinacea*) em Diferentes Estádios de Desenvolvimento da Planta. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas/SP, v.8, n.2, p.93-98, 2005.

GENNADIOS, A.; McHUGH, T.H.; WELLER, C.L.; KROCHTA, J.M. Edible coatings and films based on proteins. In: **Edible Films and Coatings to Improve Quality**. Lancaster: Technomic Publishing Co., p.210-278. 1994.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, Chicago, v.57, n.1, p.190-195, 1992.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.1, p.206-211, 1993.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.231-240, 2008.

HERINQUE, C.M.; EVANGELISTA, R.M. Processamento mínimo de cenouras orgânicas com uso de películas biodegradáveis. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v.12, n.3, p.7-14, 2006.

HEWAGE, S.; VITHANARACHCHI, S.M. Preparation and characterization of biodegradable polymer films from cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolate. **Journal of the National Science Foundation**, Sri Lanka, v.37, n.1, p. 53-59, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª ed. Digital. ZENEON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). São Paulo: INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008. 1020p.

ISOBE, M.T.C.; MARQUES, P.M.; MAPELI, N.C.; SEABRA JÚNIRO, S. **As hortaliças não-convencionais no projeto horta doméstica: o conhecimento e o consumo. Resumo expandido**. 2008. Cárceres: Universidade do Estado do Mato Grosso. Disponível em: <http://www2.unemat.br/prppg/jornada/resumos_conic/Expandido_00787.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2009.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; McPHERSON, A. E.; WONG, K. S. Effects of amylose branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul/USA, v.76, n.5, p.629-637, 1999.

JAVANMARD, M. Biodegradable Whey Protein Edible Films as a New Biomaterials for Food and Drug Packaging. **Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences**, Iran, v.5, n.3, p.129-134, 2009.

KHURI, A.Z.; CORNELL, J.A. **Response Surface Design and Analysis**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.405.

KRIEGER, K.M.; DUVICK, S.A.; POLLAK, L.M.; WHITE, P.J. Thermal properties of corn starches extracted with different blending methods: micro blender and homogeneizer. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.74, n.5, p.553-555, 1997.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v.51, n.2, p.61-74, 1997.

KRUEGER, B.R.; KNUTSON, C.A.; INGLETT, G.E.; WALKER, C.E. A differential scanning calorimetry study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, p.715. 1987.

LAROTONDA, F.D.S.; MATSUI, K.N.; SOLDI, V.; LAURINDO, J.B. Biodegradable films made from raw and acetylated cassava starch. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.3, p.477-484, 2004.

LEITE, G.L.D.; SILVA, F.W.S.; JESUS, F.M.; COSTA, C.A.; GUANABENS, R.E.M.; GUSMÃO, C.A.G. Efeito da adubação orgânica, espaçamento e tamanho de rizoma-semente sobre artrópodes em mangarito *Xanthosoma mafaffa* Schott. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.74, n.4, p.343-348, 2007.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.27, n.3, p.579-588, 2007.

LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; CEREDA, M.P.; GUERREIRO, L.M.R. Extração e Caracterização do Amido de Biri (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas/SP, v.5, p.27-32, 2002a.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas/SP, v.5, n.93, p.151-155, 2002b.

LIMA, S.L.T. Reciclagem e biodegradação de plásticos. **Revista Científica do IMAPES**, Sorocaba, p.28-34, 2004.

MAHMOUD, R.; SAVELLO, P.A. Mechanical properties of water vapor transferability through whey protein films. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n.4, p.942-946. 1992.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; GARCÍA, M.A.; MARTINO, M.N.; ZARITZKY, N.E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v.56, p.129-135, 2004.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina/PR, v.31, n.1, p.137-156, 2010.

MARQUES, P.T.; LIMA, A.M.F.; BIANCO, G.; LAURINDO, J.B.; BORSALI, R.; MEIS, L.E.; SOLDI, V. Thermal properties and stability of cassava starch films cross-linked with tetraethylene glycol diacrylate. **Polymer Degradation and Stability**, v.91, s/n, p.726-732, 2006.

MARTELLI, S.M. **Obtenção e caracterização de filmes de queratina de penas de frango**. 2005. 95p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

MARTIN, O.; SCHWACH, E.; AVÉROUS, L.; COUTURIER, Y. Properties of biodegradable multilayer films based on plasticized wheat starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.53, p.372-380, 2001.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 101p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR.

MENDIETA-TABOADA, O.; CARVALHO, R.A.de.; SOBRAL, P.J.do.A. Análise dinâmico-mecânica: aplicações em filmes comestíveis. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.2, 2008.

MONTEIRO, D.A; PERESSIN, V.A. Efeito do tamanho do rizoma-semente, da época e do local de plantio, na produção de rizomas de mangará. **Bragantia**, Campinas/SP, v. 56, n.1, 1997.

MONTERREY, E.S.; SOBRAL, P.J.do.A. Caracterização de propriedades mecânicas e óticas de biofilmes a base de proteínas miofibrilares de tilápia do nilo usando uma metodologia de superfície-resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.19, n.2, 1999.

MONTERREY-QUINTERO, E.S.; SOBRAL, P.J.A. Preparo de proteínas miofibrilares de tilápia-do-nylo para a elaboração de biofilmes: solubilidade das proteínas em função do pH. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998. p.2086-2089.

MOORE, G.R.P.; MARTELLI, S.M.; ANDREO, P.D.; GANDOLFO, C.A.; MACHADO, R.F.A.; BOLZAN, A; LAURINDO, J.B. Obtenção de Biofilmes a partir de Queratina de Penas de Frango. **Matéria**, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p.8-13, 2005.

MOURA, W.de.S. **Extração e caracterização do amido do *Hedychium coronarium* e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2008. 96p. (Mestrado em Ciências Moleculares). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975p.

OLIVATO, J.B.; MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Efeito de embalagem biodegradável de amido no armazenamento de queijo processado. **Semina**, Londrina/PR, v.27, n.1, p.81-88, 2006.

OLIVEIRA, A.D.de.; ASSMANN, V.; SOLDI, V. Influência de plastificantes nas propriedades de blendas poliméricas desenvolvidas através da mistura de biopolímeros derivados de celulose. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, 17., **Resumo Expandido...** Foz do Iguaçu: CBECiMat, 2006.

OLIVEIRA, C.S.de.; GRDEN, L.; RIBEIRO, M.C.de.O. Utilização de filmes comestíveis em alimentos. **Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: desenvolvimento em tecnologia de alimentos**, Ponta Grossa, v.01, p.52-57, 2007. Disponível em: <<http://www.pg.cefetpr.br/coali/livro/volume1/>>. Acesso: 17 abr. 2009.

OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus pérsica* L. Bastsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p.28-33, 2003.

PÉREZ, E.E.; BREENE, W.M.; BAHNASSEY, Y.A. Variations in the gelatinization profiles of cassava, sagu and arrowroot native starches as measured with different thermal and mechanical methods. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.50, n.2-3, p.70-72, 1998.

PEREZ-GAGO, M. B.; KROCHTA, J. M. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. **Journal of Food Science**, v.66, n.5, p.705-710, 2001.

PÉREZ-GAGO, M.B.; KROCHTA, J.M. Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.4, p.695-698, 1999.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais físico-químicas de amidos obtidos de diferentes espécies tropicais**. 2003. 118p. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto/SP.

PRATES, M.F.O. **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de fruta-de-lobo e sorbitol e aplicação da cobertura em frutos de morango**. 2010. 97p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO.

RIGO, L.N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis**. 2006. 130p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim/RS.

RIVALDI, J.D.; SARROUB, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S.da. Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biociência e Desenvolvimento**, n.37, p.44-51, 2007/2008.

RÓZ, A.L. O futuro dos plásticos: biodegradáveis e fotodegradáveis. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.13, n.4, p.E4-E5, 2003.

SABATO, S.F. **Aplicação da irradiação na formação de filmes comestíveis proteicos**. 2000. 107p. (Doutorado Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicação). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, A. P. **Extração e caracterização do amido do fruto-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 93p. (Mestrado em Ciências Moleculares). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V.; GARCIA, E.E.C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. 1.ed. Campinas: CETEA/ITAL, 2002. 267p.

SARMENTO, A. **Elaboração e caracterização de biofilmes a partir de gelatina reticulada**. Campinas, 1999. 149 p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP.

SCHOLZ, M.B.S.; MAGRI, T.B. Tempo de cozimento de cultivares e linhagens de arroz irrigado. In: 1º CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ / VII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, v.1, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: RENAPA, 2002. p.51-53.

SCHOU, M.; LONGARES, A.; MONTESINOS-HERRRERO, C.; MONAHAN, F.J.; O'RIORDAN, D.; O'SULLIVAN, M. Properties of edible sodium caseinate films and their application as food wrapping. **LWT - Food Science and Technology**, v.38, p.605-610, 2005.

SHIMAZU, A.A.; MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina**, Londrina, v.28, n.1, p.79-88, 2007.

SILVA, W.A.da.; PEREIRA, J.; CARVALHO, W.P.de.; FERRUA, F.Q. Determinação da cor, imagem superficial topográfica e ângulo de contato de biofilmes de diferentes fontes de amido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras/MG, v.31, n.1, 2007.

SINGH, N.; KAUER, M.; SANDHU, K.S.; GURAYA, H.S. Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties of starches from some Indian Black gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.56, n.11, p.535-544, 2004.

SOBRAL, P.J.do.A. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v.8, n.1, p.60-67, 1999.

SOBRAL, P.J.do.A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1251-1259, 2000.

SOBRAL, P.J.do.A.; GARCIA, F.T.; HABITANTE, A.M.Q.B.; MONTERREY-QUINTERO, E.S. Propriedades de filmes comestíveis produzidos com diferentes concentrações de plastificantes e de proteínas do músculo de tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, 2004.

STATSOFT. **Statistica (data analysis software system)**. Version 8.0. Tulsa: StatSoft, 2007. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, M.A.V.; CIACCO, C.F.; TAVARES, D.Q.; BONEZZI, A.N. Ocorrência e caracterização do amido resistente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.18, n. 2, 1998.

TERCIOTTI, S.H.; GREGORIN, C.Q.; MARTONELLI, C.P.S. **Michaelis Dicionário Escolar da Língua Portuguesa**. 1ªed. São Paulo: Melhoramentos, 2002. 870p.

THIRÉ, R.M.; SIMÃO, R.A.; ARAÚJO, P.J.; ACHETE, C.A.; ANDRADE, C.T. Redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis à base de amido por meio de polimerização por plasma. **Ciência e Tecnologia**, Piracicaba/SP, v.14, n.1, p.57-62, 2004.

THOMAS, D.J., ATWELL, W. **Starches: Pratical Guides for the Food Industry**. Minnessota/USA: Eagan Press, 1999. 94p.

TORRES, J. A. Edible films and coatings from proteins. In: Hettiarachchy, N. S. & Ziegler, G. R. (Eds.). **Protein Functionality in Food Systems**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.467-507.

TSAI, M.L.; LI, C.F.; LII, C.Y. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.74, n.6, p. 750-757, 1997.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2 ed. Campinas/SP: UNICAMP, 2006. 113p.

UTERNOEHL, B.; GONÇALVES, P. Conservação na roça (in situ) da agrobiodiversidade Guarani. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre/RS, v. 2, n.1, p. 1708-1711, 2007.

UTERNOEHL, B.; NUNES JR.O. Agricultura Mbya-Guarani na conservação da biodiversidade: a partir da aldeia marágatu-Imarui/SC. Resumos do I Congresso Brasileiro de

Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre/RS, v.1, n.1, p. 397-401, 2006.

VASQUES, C.T. **Preparação e caracterização de filmes poliméricos a base de amido de milho e polipirrol para aplicação como biomaterial**. 2007. 140p. (Doutorado em Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC.

VICENTINI, N.M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198p. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu/SP.

VICENTINI, N.M.; CASTRO, T.M.R; CEREDA, M.P. Influência de películas de féculas de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas/SP, v.19, n.1, s/p, 1999.

VIEIRA, F.C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioquinha-salsa (*arracacia xanthorrhiza*), de batata-doce (*ipomoea batatas*) e de gengibre (*zingiber officinale*)**. 2004. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP.

VIGNEAU, E.; LOISEL, C.; DEVAUX, M.F.; CANTONI, P. Number of particles for the determination of size distribution from microscopic images. **Powder Technology**, v.107, p.243-250, 2000.

WARD, G.; NUSSINOVITCH, A. Characterizing the gloss properties of hydrocolloid films. **Food Hydrocolloids**. v.11, n.4, p.357-365. 1997.

YANG, L.; PAULSON, A.T. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. **Food Research International**, Canadá, v.33, p.563-570, 2000.

YOO, S.H.; JANE, J.I. Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v.49, n.3, p.297-305, 2002.

ZÁRATE, N.A.H; VIEIRA, M.do.C.; PONTIM, B.C.A. Arranjo de plantas na produção do mangarito (*Xanthosoma mafaffa Schott*) “comum”. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá/PR, v.27, n.3, p.409-413, 2005.

8 ANEXOS

8.1 Anexo A

TABELA 10 - Composição centesimal, em base úmida, de diferentes rizomas, tubérculos e raízes.

Alimentos	Componentes					
	Umidade (%)	Cinzas (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Carboidratos (g/100g)	Valor Energético (kcal/100g)
Batata baroa*	73,7	1,1	0,2	1,0	24,0	101
Batata doce*	69,5	0,9	0,1	1,3	28,2	118
Cará*	73,7	0,9	0,1	2,3	23,0	96
Inhame*	73,3	1,2	0,2	2,1	23,2	97
Mandioca*	61,8	0,6	0,3	1,1	36,2	151

*Fonte: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP (2006).