



**FORMULÁRIO PARA RELATÓRIO FINAL**

**1. Identificação do Projeto**

**Título do Projeto PIBIC/PAIC**

Emprego de filmes poliméricos adicionados de agentes químicos no controle do escurecimento enzimático de banana minimamente processada

**Orientador**

Aluizio Gonçalves Brasil Junior

**Aluno**

Jozilene Pereira Batista

**2. Informações de Acesso ao Documento**

**2.1 Este documento é confidencial?**

SIM

NÃO

**2.2 Este trabalho ocasionará registro de patente?**

SIM

NÃO

**2.3 Este trabalho pode ser liberado para reprodução?**

SIM

NÃO

**2. 4 Em caso de liberação parcial, quais dados podem ser liberados? Especifique.**

**3. Introdução**

A cultura da banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas no Brasil e a terceira posição em área colhida. Está entre as frutas mais consumidas nos domicílios das principais regiões metropolitanas do país .A bananicultura é uma das atividades de maior relevância para o agronegócio da região Norte do Brasil, principalmente para o Estado do Amazonas, onde o consumo "per capita" gira em torno de 60 kg/ano (FANCELLI; M., 2003). A banana ofertada no mercado brasileiro tem sabor agradável, porém grande parte possui cor escura, devido modificações na



UFAM

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

## RELATÓRIO FINAL PIBIC/PAIC 2015-2016



coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento, causando redução da qualidade, tornando-se um grande desafio no processamento desse fruto. O escurecimento enzimático é um fenômeno amplamente difundido que induz severas mudanças de cor, sabor indesejável e perdas nutricionais (GIRNER *et al.*, 2002). O escurecimento enzimático ocorre devido a presença da enzima polifenoloxidase (PPO), uma enzima que catalisa a oxidação de compostos fenólicos, produzindo pigmentos escuros em cortes ou superfícies danificadas de hortaliças e frutas, incluindo a banana (OLIVEIRA, 2008)

Várias formas de inibição da PPO são conhecidas, agentes antioxidantes, quelantes e até compostos que seriam substratos preferenciais em relação aos presentes no próprio alimento, muito embora os métodos utilizados pelas indústrias sejam relativamente poucos, pois durante a seleção do inibidor (agentes redutores, ácidos orgânicos ou quelantes), são desejáveis as seguintes propriedades: eficácia em baixas concentrações, ausência de efeitos indesejáveis na cor, no odor, no sabor e em outras características do alimento; compatibilidade com o alimento e fácil aplicação; estabilidade nas condições de processo e armazenamento e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos, mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento. (MARSHALL; KIM; WEI, 2001)

Uma alternativa para controlar o escurecimento enzimático na banana minimamente processada e melhorar a aparência do produto é o uso combinado de mecanismos que evitem o escurecimento e realcem a cor da banana, como filmes poliméricos associados a aditivos químicos. Entre os aditivos químicos mais usados destacam-se, o ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e metabissulfito de sódio.

A demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao *in natura*, além da praticidade e conveniência de se comprar o alimento pronto para o consumo.

Entretanto, algumas características como coloração e textura podem ser fortemente influenciadas pelas etapas do processamento mínimo e da embalagem utilizada no acondicionamento dos produtos. Segundo Sarantópoulos, Oliveira e Canavesi (2001), é de grande importância o desenvolvimento de embalagens adequadas para este tipo de produto, em razão das injúrias mecânicas sofridas durante o processamento que



UFAM

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

## RELATÓRIO FINAL PIBIC/PAIC 2015-2016



aceleram o metabolismo do vegetal, aumentando a taxa respiratória, levando, assim, à senescência precoce.

Tendo em vista o presente experimento realizado, este trabalho objetivou retardar o escurecimento enzimático na banana minimamente processada utilizando associações de agentes químicos e posteriormente a sua incorporação a filmes poliméricos de acetato de celulose.

#### 4. Justificativa

A banana é um dos frutos mais consumidos do Brasil, sendo utilizadas nos mais diversos tipos de receitas culinárias, podendo ser encontrados nas feiras e supermercados. A dificuldade de se trabalhar com esse fruto em sua forma *in natura*, principalmente quando a mesma é minimamente processada, devido a alterações químicas e organolépticas, que ocorre especialmente em virtude do fenômeno de escurecimento enzimático. Tal problema leva a rejeição por parte do consumidor, alterações sensoriais, redução do aspecto comercial e do valor nutritivo (ARTÉS *et al.*, 1998).

Os métodos utilizados para o controle do escurecimento enzimático estão relacionados a modificações da concentração de oxigênio, pH e temperatura, alterações no centro catalítico da PPO, ou o substrato, bem como as condições extrínsecas de armazenamento, que se dá através do uso de embalagens e aditivos químicos.

Segundo Junqueira (2009), os aditivos químicos mais utilizados para o controle do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças são: o ácido ascórbico, ácido cítrico, cisteína, EDTA e sulfitos. Sua grande maioria age por meio da inibição enzimática das enzimas PPO e PDO, principais responsáveis pelo escurecimento enzimático de frutos.

O acetato de celulose, que vem sendo estudado para aplicações em embalagens de alimentos, é um polímero amorfo, não tóxico e inodoro, estável em óleos minerais, permeável a vapor d'água e, a depender do grau de substituição, solúvel em acetona (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002), além de ser um composto biodegradável. A partir desse polímero, é possível a formação de filmes transparentes e flexíveis, que podem ser utilizados em alimentos (CERQUEIRA *et al.*, 2010; SILVEIRA, 2005).

A principal vantagem da utilização de filmes poliméricos associados a aditivos químicos está na rapidez com que o objetivo desejado é estabelecido, sendo uma importante



**UFAM**

estratégia que pode ser decisiva como vantagem competitiva na indústria de alimentos. Portanto, para elaboração de estratégias a fim de retardar o processo de escurecimento enzimático se faz necessário à utilização de aditivos químicos, seja em contato direto com o fruto minimamente processado ou com a utilização de filmes poliméricos associados a agentes químicos.

## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo geral**

O projeto tem por objetivo a obtenção de filmes poliméricos incorporados com aditivos químicos visando a inibição do processo de escurecimento enzimático de banana minimamente processada.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Processamento mínimo da banana;
- Obtenção dos filmes poliméricos contendo agentes químicos anti-escurecimento enzimático;
- Desenvolvimento de embalagem ativa no controle do escurecimento enzimático da banana;
- Determinar a concentração ideal e avaliar a ação dos aditivos químicos incorporados aos filmes na inibição do processo de escurecimento enzimático da banana;
- Avaliar a alteração de coloração das amostras e analisar os dados obtidos.

## **6. Metodologia**

### **6.1 Preparação dos filmes**

Flocos do acetato de celulose (10% p/v, acetato de celulose/acetona) foram solubilizados em acetona e homogeneizado em agitador magnético. Colocou-se a mistura em repouso até a formação de uma emulsão filmogênica e homogênea. Em seguida incorporou-se um volume de 15ml da emulsão associações de ácidos cítrico + ácido ascórbico com concentrações 2, 3 e 5% e volumes de (75, 112,5 e 150µl), seguido de completa homogeneização e repouso, uma alíquota da solução filmogênica foi colocada em placa de vidro, com auxílio de uma espátula espalhou-se por toda placa. A secagem

dos filmes foram realizada em temperatura ambiente até total volatilização do solvente preparando-se filmes com as seguintes composições

**Filmes a 2%:** (ácido ascórbico75 $\mu$ l + ácido cítrico75 $\mu$ l), (ácido ascórbico112,5 $\mu$ l + ácido cítrico112,5 $\mu$ l), (ácido ascórbico150 $\mu$ l + ácido cítrico150 $\mu$ l).

**Filmes a 3%:** (ácido ascórbico75 $\mu$ l + ácido cítrico75 $\mu$ l), (ácido ascórbico112,5 $\mu$ l + ácido cítrico112,5 $\mu$ l), (ácido ascórbico150 $\mu$ l + ácido cítrico150 $\mu$ l).

**Filme a 5%** (ácido ascórbico75 $\mu$ l + ácido cítrico75 $\mu$ l), (ácido ascórbico112,5 $\mu$ l + ácido cítrico112,5 $\mu$ l), (ácido ascórbico150 $\mu$ l + ácido cítrico150 $\mu$ l).

Preparou-se filmes, somente com concentração de 3%, e volumes de (ácido ascórbico 75 $\mu$ l + ácido cítrico150 $\mu$ l) e (ácido ascórbico 75 $\mu$ l + ácido cítrico300 $\mu$ l) Paralelamente, preparou-se filme-controle (sem agentes).

## 6.2 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi a banana pacovã (*Musa sapientum*) adquirida no comércio local.

A matéria-prima foi recepcionadas e lavadas em água corrente para a retirada do excesso de sujidades,posteriormente descascada, e cortada em fatias.

Após cortadas, as fatias foram imersas, em um béquer contendo água e hipoclorito a 5% por 3 minutos em seguida retirou-se o excesso de água utilizando papel toalha.

As fatias de bananas foram colocadas nos diferentes filmes e armazenadas na geladeira (figura 1).



**Figura 1:**Representação das fatias de banana embaladas nos filmes.

## 7. Resultados e Discussão

Abaixo segue a tabela com os resultados dos filmes.

Concentração de ácido ascórbico+ ác. cítrico	Volumes	Turvação	Atuação no escurecimento enzimático
2%	(AC 75 $\mu$ L + AA75 $\mu$ L) (AC 112,5 $\mu$ L + AA 112,5 $\mu$ L) (AC 150 $\mu$ L + AA 150 $\mu$ L)	Somente filmes a partir de 150 $\mu$ l	Não inibiram
3%	(AC 75 $\mu$ L + AA75 $\mu$ L) (AC 112,5 $\mu$ L + AA 112,5 $\mu$ L) (AC 150 $\mu$ L + AA 150 $\mu$ L)	Somente filmes a partir de 150 $\mu$ l	Não inibiram
5%	(AC 75 $\mu$ L + AA75 $\mu$ L) (AC 112,5 $\mu$ L + AA 112,5 $\mu$ L) (AC 150 $\mu$ L + AA 150 $\mu$ L)	Todos apresentaram turvação	Não inibiram
3%	(AC 75 $\mu$ L + AA 150 $\mu$ L) (AC 75 $\mu$ L + AA 300 $\mu$ L)	Não apresentaram turvação	Ambos inibiram

Nos filmes preparados com concentrações de 2% e 3% com volumes de (ácido ascórbico75 $\mu$ l + ácido cítrico75 $\mu$ l), (ácido ascórbico112,5 $\mu$ l + ácido cítrico112,5 $\mu$ l), (ácido ascórbico150 $\mu$ l + ácido cítrico150 $\mu$ l), apenas os filmes com volumes de 75 e 112,5 $\mu$ l apresentaram aparência transparente sendo usados no experimento com a banana, porém não inibiram o escurecimento enzimático,(figura 2 e 3 ) já os filmes com volume de 150 $\mu$ l de ambos os ácidos apresentou turvação o qual não foi utilizado no experimento. No entanto atribui-se esse fato ao ácido ascórbico, pois quando incorporado na emulsão contendo ácido cítrico com os mesmos volumes e concentrações assim também como acetato de celulose e acetona podem ter interferido na sua estabilidade diminuindo assim sua ação, não apresentando nenhuma diferença nas fatias da banana dos filmes controle para os que continham os conservantes. Segundo Lee &Kader 2000, Giannakourou&Taoukis 2003, esse ácido é facilmente afetado por fatores como: oxigênio, pH, luz, temperatura, conteúdo de umidade ou atividade de água.



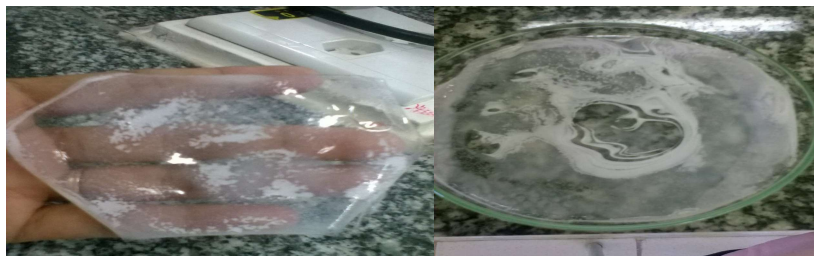
**Figura 2:** Filme controle (A), filme a 2% com volume (AC 75  $\mu$ L + AA 75 $\mu$ L) (B), (AC 112,5 $\mu$ L + AA 112,5 $\mu$ L) (C).



**Figura 3:** Filme controle (D), filme a 3% com volume (AC 75  $\mu$ L + AA 75 $\mu$ L) (E), (AC 112,5 $\mu$ L + AA 112,5 $\mu$ L) (F).



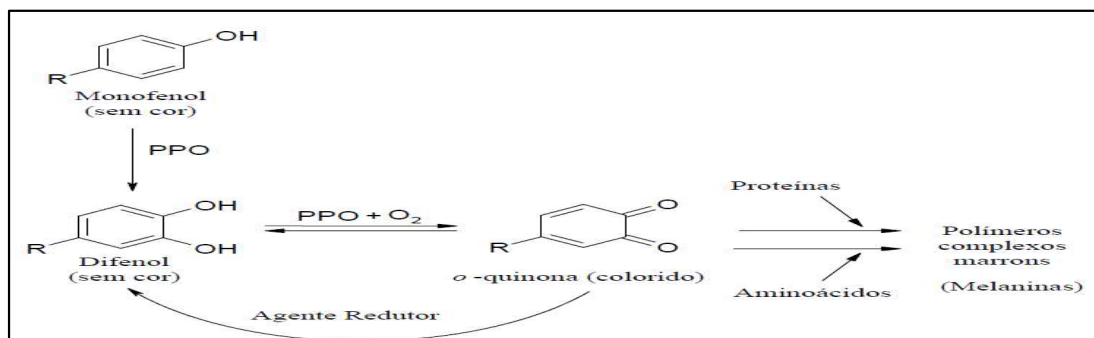
Os filmes preparados na concentração de 5% usando os volumes de (ácido ascórbico 75 $\mu$ l + ácido cítrico 75 $\mu$ l), (ácido ascórbico 112,5 $\mu$ l + ácido cítrico 112,5 $\mu$ l), (ácido ascórbico 150 $\mu$ l + ácido cítrico 150 $\mu$ l), todos apresentaram aspecto turvo, não sendo utilizados no experimento com a banana **figura 4**.



**Figura 4:** filmes com concentração de 5%

Todos os filmes preparados na de concentração de 3% com volumes de (ácido ascórbico 75 $\mu$ l + ácido cítrico 150 $\mu$ l) e (ácido ascórbico 75 $\mu$ l + ácido cítrico 300 $\mu$ l), apresentaram aparência transparente e foram efetivos contra o escurecimento enzimático da banana (figura 6). Apresentaram após 48 horas diferenças na coloração das fatias da banana em comparação com o filme controle (sem conservantes), comprovando-se que nesses volumes os ácidos incorporados aos filmes conseguiram inibir o escurecimento enzimático (figura 6). De acordo com CARDOSO, 2007, O ácido cítrico é um dos principais ácidos orgânicos naturais em frutas, previne o escurecimento enzimático pela ação sobre PPO e PDO. Também é utilizado para potencializar outros antioxidantes como o ácido ascórbico. O ácido cítrico, em conjunto com o ácido ascórbico é muito utilizado para inibir a alteração de cor. O ácido cítrico também atua no sentido de manter o pH do meio abaixo do ótimo para a ação catalítica das enzimas em alimentos (ZEMEL et al., 1990).

O ácido ascórbico é reconhecido por sua ação redutora e contribuição nutricional (vitamina C), Ele atua seqüestrando o cobre, grupo prostético da polifenoloxidase, e reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (SAPERS, 1998).



**Figura 4:** reação de escurecimento enzimático

O ácido cítrico em conjunto com o ácido ascórbico, é muito utilizado como inibidor químico do escurecimento enzimático. Também apresentam efeito inibitório duplo sobre as PPOs não somente pelo abaixamento do pH do meio, mas também complexando com o cobre do centro ativo da enzima (Araujo,2011). Contudo, esses ácidos atuarão diretamente no composto fenólico 3,4-dihidroxifenil-etilamina (dopamina) presente na banana.

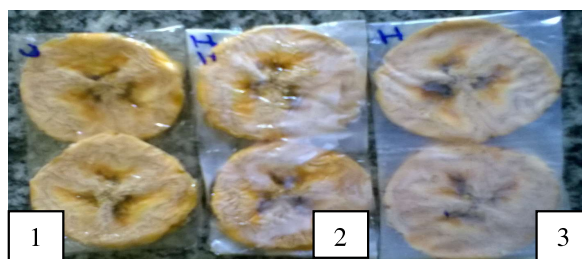


Figura 5: Filme controle (1), filme a 3% com volume (AC 75 µL + AA 150µL) (2), (AC 75µL + AA 300µL) (3).

Nos testes realizados para elaboração dos filmes associados a agentes químicos, foram utilizados apenas associações dos ácidos ascórbicos e cítricos nas concentrações de 2% 3% e 5%, tendo em vista que esses ácidos são encontrados naturalmente em frutas cítricas, tomate e diversas outras frutas e vegetais não causando nenhum problema para o alimento nem para a saúde humana. O EDTA e metabisulfito não foram usados, pois apesar de serem comumente utilizados como agente antimicrobiológico e no controle do escurecimento de frutas e vegetais, suas aplicações são questionadas devido apresentarem problemas a saúde humana.

## 8. Referências

- ARAÚJO, Júlio M. A. **Química de alimentos: teoria e prática** – 5 ed. atual. Ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFP; p. 416-430, 2011.
- ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M. I. Revisión: El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. **Food Science and Technology International**, v. 4, n. 6, p. 37.
- CARDOSO, W. S. et al. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. **Revista Analytica**, v. 29, p. 66-72, 2007.
- CERQUEIRA, Daniel A. et al. Caracterização de Acetato de Celulose Obtido a partir do Bagaço de Cana-de-Açúcar por 1H-RMN. **Polímeros**, v. 20, n. 2, p. 85-91, 2010.





