



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ISADORA NOGUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS ATIVAS
BIODEGRADÁVEIS PARA PRODUTOS CÁRNEOS**

ISADORA NOGUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS ATIVAS
BIODEGRADÁVEIS PARA PRODUTOS CÁRNEOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yamashita.
Co-Orientadora: Dr^a Ana Paula Bilck.

Londrina
2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

N778d Nogueira, Isadora.
Desenvolvimento de embalagens ativas biodegradáveis para produtos cárneos /
Isadora Nogueira. - Londrina, 2018.
66 f.: il.

Orientador: Fábio Yamashita.

Coorientador: Ana Paula Bilck.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Alimentos - Embalagem - Teses. 2. Filmes biodegradáveis - Propriedades mecânicas - Teses. 3. Alimentos - Embalagem - Teses. I. Yamashita, Fábio. II. Bilck, Ana Paula III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 664.004.3

ISADORA NOGUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS ATIVAS
BIODEGRADÁVEIS PARA PRODUTOS CÁRNEOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Orientador : Prof. Dr. Fabio Yamashita
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo
Universidade Estadual Londrina - UEL

Prof. Dra. Suzana Mali de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 07 de março de 2018.

A Deus, por me proteger e iluminar o meu caminho;
A minha família e ao meu noivo,
pelo apoio, incentivo, paciência e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, pela vida, proteção e saúde.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Yamashita, pela confiança, paciência, incentivo e pelos conhecimentos transmitidos.

À co-orientadora Dr^a Ana Paula Bilck, pela amizade, suporte e por compartilhar seus conhecimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Ao grupo de pesquisa Polibiotec, pela amizade e conhecimentos compartilhados.

A Fernanda por me auxiliar nas análises.

Aos professores e todos os funcionários do programa de mestrado pelos conhecimentos adquiridos e suporte.

Às minhas amigas, Jéssica, Raíssa e Jamile, pela amizade, ajuda e por compartilhar momentos de conquistas e tristezas.

Aos meus pais, Nelson e Laura, e meu irmão Renan, pela compreensão e incentivo e por não medirem esforços para me ajudarem a realizar os meus sonhos.

Ao meu noivo, Felipe, por ter me ajudado em todos os momentos, me incentivando e dando forças para vencer cada obstáculo.

NOGUEIRA, Isadora. **Desenvolvimento de embalagens ativas biodegradáveis para produtos cárneos**. 2018. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

A carne moída bovina é um produto cárneo popular devido ao seu baixo custo e praticidade, mas está sujeita a uma oxidação lipídica rápida devido a sua grande superfície de contato com o oxigênio, e também à deterioração microbiológica devido a sua alta atividade de água e alto teor de proteínas e sais minerais. O presunto cozido é um produto de grande aceitação comercial e alto valor agregado, entretanto pode ter sua vida útil reduzida devido à deterioração provocada por microrganismos. Com a tendência pela busca de materiais sustentáveis, as embalagens ativas biodegradáveis são uma alternativa para diminuição de lixo produzido pelo segmento, além de conservar e prolongar as propriedades dos alimentos, estendendo seu período de comercialização. O presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de embalagens ativas biodegradáveis com nisina e butil-hidroxi-anisol (BHA) para carne moída bovina e presunto cozido visando o aumento de vida de prateleira do produto. Durante o período de armazenagem dos produtos foram avaliadas a perda de massa, cor, atividade de água, pH, oxidação lipídica e crescimento de microrganismos mesófilos. A nisina mostrou-se eficiente frente ao crescimento de mesófilos, viabilizando o consumo da carne moída até o terceiro dia de armazenamento, com contagem de 6,19 e 6,33 log UFC/g, enquanto o presunto, mostrou-se viável até o 17º dia, com contagem de 2,43 e 2,82 log UFC/g. O BHA incorporado na embalagem conteve a oxidação lipídica da carne moída durante todo o armazenamento, entretanto, para o presunto, o mesmo não apresentou oxidação significativa durante o armazenamento. A adição de nisina e BHA no filme de amido, poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT), glicerol e ácido cítrico, alterou sua propriedade de alongamento, porém não interferiu na permeabilidade ao vapor de água.

Palavras-chave: Amido. BHA. Mesófilos. Nisina. Oxidação lipídica.

NOGUEIRA, Isadora. **Development of biodegradable active packaging for meat products.** 2018. 66 p. Dissertation (Master's degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The bovine ground beef is a popular meat product because of its low cost and practicality, but it suffers rapid lipid oxidation, due to its high surface of contact with oxygen, as well as microbiological deterioration due to its high water activity content, proteins, and minerals. The cooked ham is a product of good commercial acceptance and high added value. However, its shelf life reduced due to deterioration caused by microorganisms. Biodegradable active packaging is an alternative to reduce the disposal of non-biodegradable materials and to extend the shelf life of food products. The goal of the study was to develop biodegradable active packaging containing nisin and butylated hydroxyanisole (BHA) as ground beef and cooked ham packaging to increase the shelf life of the product. During the storage, the weight loss, color, water activity, pH, lipid oxidation and growth of mesophilic microorganisms of the products were evaluated. Nisin showed to be efficient against the growth of mesophiles microorganisms. The ground beef was suitable for consumption until to the third day of storage, with 6.19 to 6.33 log CFU/g counts, while the ham was suitable until the 17th day, with 2.43 to 2.82 log CFU/g counts. The BHA reduced the lipid oxidation of the ground beef, and the lipid oxidation of the ham was negligible during the storage period. The addition of nisin and BHA in the biodegradable films of starch, poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), glycerol, and citric acid altered their elongation property but did not interfere with the water vapor permeability.

Keywords: BHA. Lipid oxidation. Mesophiles. Nisin. Starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Etapas de produção do presunto cozido	16
Figura 2 -	Mecanismo de ação da nisina	23
Figura 3 -	Estrutura química e helicoidal da amilose	26
Figura 4 -	Estrutura química da amilopectina	26
Figura 5 -	Estrutura do grânulo de amido	27
Figura 6 -	Estrutura química do poli (adipato co-tereftalato de butileno), “y” representa a cadeia alifática e “x” a cadeia aromática	29
Figura 7 -	Representação da extrusora	30
Figura 8 -	Esquema do processo de extrusão de filmes em sistema tubular	31
Figura 9 -	Isotermas de sorção dos filmes ativos biodegradáveis	41
Figura 10 -	Contagem de mesófilos da carne moída embalada em filmes ativos biodegradáveis.....	43
Figura 11 -	Contagem de mesófilos dos presuntos embalados em filmes ativos biodegradáveis	48
Figura 12 -	Perda de massa das fatias de presunto durante o armazenamento a 7 °C em função da embalagem	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Funções da embalagem	18
Tabela 2.	Exemplos de aplicações de embalagens ativas na indústria de alimentos	21
Tabela 3.	Compostos químicos com atividade antimicrobiana	22
Tabela 4.	Formulações das embalagens ativas biodegradáveis	33
Tabela 5.	Propriedades mecânicas dos filmes ativos biodegradáveis.....	38
Tabela 6.	Permeabilidade ao vapor de água dos filmes ativos biodegradáveis	39
Tabela 7.	Parâmetros do modelo GAB ajustado às isotermas de sorção dos filmes.....	41
Tabela 8.	Taxas de perda de massa para amostras de carne moída durante o armazenamento a 4 °C.....	44
Tabela 9.	Valores de TBARS para amostras de carne moída armazenadas a 4 °C, no início e após 7 dias de armazenamento.....	46
Tabela 10.	Parâmetro a^* das amostras de carne moída em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 4 °C.....	47
Tabela 11.	Valores de TBARS para amostras de presunto armazenadas a 7 °C, no início e após 16 dias de armazenamento	52
Tabela 12.	Luminosidade (L^*) das fatias de presunto em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 7°C.....	54
Tabela 13.	Parâmetro de cor a^* das fatias de presunto em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 7°C.....	54

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVO	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	CARNE BOVINA MOÍDA	14
3.2	PRESUNTO COZIDO	15
3.3	EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS.....	18
3.3.1	EMBALAGENS ATIVAS	20
3.3.2	AMIDO.....	25
3.3.3	BLENDAS DE AMIDO E POLÍMEROS SINTÉTICOS BIODEGRADÁVEIS.....	27
3.3.4	EXTRUSÃO.....	29
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1	MATERIAL	31
4.1.1	Filmes biodegradáveis	31
4.1.2	Carne bovina moída	32
4.1.3	Presunto cozido.....	32
4.2	MÉTODOS	32
4.2.1	Produção dos filmes	32
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS	34
4.3.1	Propriedades mecânicas de tração e alongação na ruptura	34
4.3.2	Permeabilidade ao vapor de água (PVA).....	34
4.3.3	Isotermas de sorção de água	35
4.4	ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	35
	CARNE BOVINA MOÍDA.....	35
	PRESUNTO COZIDO	36
4.4.1	Contagem de mesófilos	36
4.4.2	Determinação de pH.....	36
4.4.3	Determinação de atividade de água.....	37
4.4.4	Perda de massa	37

4.4.5	Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS.....	37
4.4.6	Cor	37
4.4.7	Análise Estatística	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES	38
5.1.1	Propriedades mecânicas	38
5.1.2	Permeabilidade ao vapor de água.....	39
5.1.3	Isotermas de sorção de água	40
5.2	ANÁLISES DA CARNE BOVINA MOÍDA.....	42
5.2.1	Contagem de mesófilos e determinação de pH e atividade de água	42
5.2.2	Perda de massa	44
5.2.3	Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS.....	45
5.2.4	Cor	46
5.3	ANÁLISES DO PRESUNTO	48
5.3.1	Contagem de mesófilos e determinação de pH e atividade de água	48
5.3.2	Perda de massa	50
5.3.3	Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS.....	52
5.3.4	Cor	53
6.	CONCLUSÕES	55
7.	REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

Devido à rica composição dos produtos cárneos, tais como elevados teores de umidade, proteínas e gorduras, estes podem sofrer modificações físicas, químicas e microbiológicas durante o seu processamento e armazenamento. Desta forma, as indústrias devem se atentar a estes parâmetros e oferecer produtos estáveis durante toda a sua vida útil (MATHIAS, et al., 2010).

A carne moída é um produto bastante popular, devido ao aproveitamento de carnes menos nobres, tornando-se um alimento de menor custo (LUZ et al., 2015). Além de possuir um alto valor nutritivo, por ser fonte de proteínas, e conter vitaminas e sais minerais (PARDI et al., 2001). Entretanto, esse produto se constitui como um excelente meio de cultura devido a sua composição nutricional, à elevada atividade de água e ao pH próximo ao neutro, favorecendo a sobrevivência e a multiplicação de um grande número de microrganismos patogênicos (FERREIRA; CARVALHO SOBRINHO, 2003).

Os presuntos cozidos comercializados fracionados nos pontos de venda são altamente perecíveis e tem vida útil curta, pois sofrem manipulação no momento do fatiamento e re-embalagem, estando mais susceptíveis à deterioração microbiológica. Em geral, os embutidos fatiados apresentam teores de sal entre 2 e 4% (m/m), pH maior que 6,0 e nitrito residual abaixo de 100 ppm, grande superfície de contato com o ar, favorecendo reações oxidativas e crescimento de microrganismos aeróbios após o processamento, aumentando sua perecibilidade (BRESSAN, et al., 2007).

Com o intuito de preservar ao máximo as características sensoriais, aumentar a estabilidade do produto e prevenir deterioração microbiana e oxidativa, tem aumentado os estudos quanto ao uso de embalagens ativas para estes alimentos, com o objetivo de retardar o crescimento de microrganismos deteriorantes e oxidação lipídica, prolongando sua vida útil (FERREIRA, 2012).

Estas embalagens ativas podem utilizar como base uma matriz polimérica biodegradável, visando reduzir o impacto ambiental causado pelas embalagens poliméricas convencionais. A rápida degradação apresentada pelos filmes biodegradáveis é decorrente das características de seus componentes, os quais são em sua maioria biopolímeros renováveis e de baixo custo, como

polissacarídeos, proteínas e a combinação entre eles (ZHONG e XIA, 2008; JOOYANDEH, 2011; WITTAYA, 2013).

Entretanto, materiais produzidos por uma única matriz, principalmente de amido, formam filmes com baixa flexibilidade e alta higroscopicidade, sendo necessária a utilização de blendas constituídas por amido e outros polímeros sintéticos biodegradáveis, como poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT) e poliácido láctico (PLA) (ANDRADE-MOLINA, 2012; MARENCO, VERCELHEZE, MALI, 2013).

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo a produção de embalagens ativas (com BHA e nisina) e biodegradáveis para carne bovina moída e presunto cozido fatiado visando o prolongamento da vida útil dos produtos, prevenindo deterioração por microrganismos e por oxidação lipídica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARNE BOVINA MOÍDA

A carne moída é um produto cárneo obtido a partir da moagem de massas musculares de carcaças de bovinos, seguido de imediato resfriamento ou congelamento. Segundo a legislação, deve ser composta de carnes obtidas de massas musculares esqueléticas de bovinos, podendo apresentar como ingrediente opcional água, até o limite máximo de 3%, teor máximo de gordura de 15% e deve apresentar textura, cor, sabor e odor característicos (BRASIL, 2003).

A carne utilizada como matéria-prima para a moagem deve ser resfriada ou congelada e deve estar isenta de tecidos inferiores, como ossos, cartilagens, gordura parcial, aponevroses, tendões, coágulos, nodos linfáticos etc. Após a moagem, o produto deve ser submetido, imediatamente, ao congelamento ou ao resfriamento (BRASIL, 2003).

O produto deverá ser embalado com materiais adequados para as condições de armazenamento e transporte, de modo que lhe confirmem uma

proteção apropriada. A carne moída resfriada deverá ser mantida à temperatura de 0 °C a 4 °C e a carne moída congelada à temperatura máxima de -18 °C durante o armazenamento. Não são permitidos aditivos e coadjuvantes de tecnologia (BRASIL, 2003).

De acordo com os Métodos Analíticos para Controle de Produtos de Origem Animal – LANARA e seus ingredientes, a carne adequada ao consumo deve ter uma faixa de pH entre 5,8 e 6,2. Valores superiores de pH indicam início de decomposição (BRASIL, 1989).

A carne moída é um produto cárneo que se deteriora rapidamente, alterando suas características sensoriais, inviabilizando o produto. Desta forma, alguns comerciantes adicionam conservantes após a moagem para intensificar a cor, amenizar odores da rancificação, mantendo seu aspecto de frescor (CONCEIÇÃO e GONÇALVES, 2009). Mesmo não sendo permitido pela legislação.

Devido ao seu alto valor de atividade de água, superior a 0,98, maior manipulação e maior superfície de contato, a carne moída torna-se um substrato favorável à proliferação de microrganismos aeróbios, acelerando a sua deterioração (MARCHI, 2006). Segundo dados da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde, durante o período de 2007 a 2017 a carne bovina e seus derivados ocuparam o sétimo lugar, com 2,1%, dos alimentos responsáveis por surtos de doenças alimentares no Brasil (BRASIL, 2017).

O teor de gorduras poli-insaturadas nos produtos cárneos e seu processamento, como a moagem, favorecem a oxidação do produto, devido ao desequilíbrio do balanço oxidativo, promovendo o rápido desenvolvimento da rancidez oxidativa (ARAUJO, 2008).

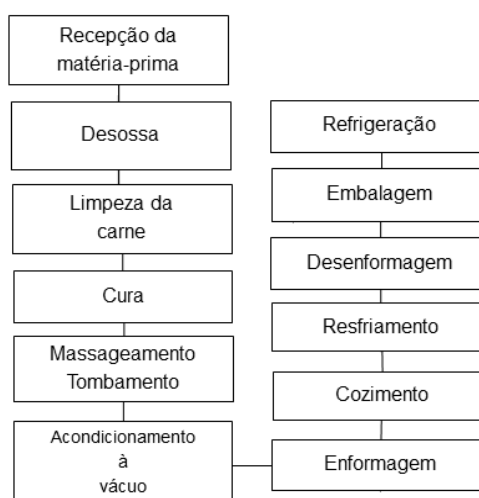
A rancidez oxidativa de lipídios é a deterioração mais importante que ocorre na carne, sendo responsável por determinar sua vida útil, gerando produtos indesejáveis sensorialmente e diminuindo o teor de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais. Assim, o armazenamento de carne por longos períodos é limitado pela oxidação (CECCHI, 2003).

3.2 PRESUNTO COZIDO

O presunto cozido é um produto cárneo industrializado produzido exclusivamente do pernil suíno desossado e sem pele, com adição de

ingredientes e submetido a processamento térmico apropriado. O presunto cozido é constituído por no mínimo 14% de proteína bruta, pH de 5,9 a 6,1 e atividade de água de 0,91 a 0,97, o que o torna favorável ao crescimento de microrganismos. Deve conter em sua formulação carne de pernil de suíno, sal, nitrito e/ou nitrato de sódio e/ou potássio em forma de salmoura, podendo-se adicionar proteínas de origem animal e/ou vegetal, açúcares, maltodextrina, condimentos, aromas e especiarias (BRASIL, 2000; SERIO et al., 2009; FAI et al., 2011). O fluxograma de produção está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Etapas de produção do presunto cozido.



Fonte: Adaptado de (PACHECO, YAMANAKA, 2006).

A vida útil do presunto cozido fatiado é bastante limitada, devido às condições favoráveis que possui para crescimento microbiano e reintrodução dos microrganismos eliminados no processo de cozimento durante seu fatiamento. Medidas de precaução vêm sendo tomadas para evitar esta contaminação pós-processamento, com controle rigoroso de temperatura e utilização de embalagens a vácuo, entretanto alguns microrganismos podem crescer durante o armazenamento, como a *Listeria monocytogenes*, agente patogênico não tolerado pela legislação brasileira (JOFRÉ, GARRIGA, AYMERICH, 2008).

As bactérias presentes nos alimentos favorecem sua deterioração, e conseqüentemente a redução de sua vida útil, além de possibilitar a presença de patógenos, tornando o alimento insalubre. A identificação de microrganismos

indicadores avalia a qualidade microbiológica dos alimentos, aponta riscos de contaminação, a provável presença de patógenos e indicam as condições higiênico-sanitárias (CORTEZ, 2003).

O prazo de validade comercial de presunto cozido embalado a vácuo é em torno de 30 dias, quando armazenados de 1 a 8 °C. Sua deterioração é causada pela acidificação, exsudação de suco viscoso e produção de gás, geralmente causado por bactérias lácticas do gênero *Lactobacillus* e *Leuconostoc* (VERCAMMEN, et al., 2011).

As bactérias ácido-láticas são as principais responsáveis pela deterioração de carnes cozidas e produtos cárneos embalados a vácuo, como o presunto, e armazenados em temperaturas de refrigeração. Causam odores desagradáveis, mudança de coloração (esverdeamento) e formação de limo superficial, tornando o produto não aceito pelos consumidores (SLONGO, 2008).

O presunto cozido fatiado, acondicionado em embalagens com alta permeabilidade ao oxigênio, em temperatura de refrigeração, tem sua vida útil reduzida para quatro dias (BRESSAN, et al., 2007). A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos tem sido utilizada como indicador de condição higiênica e de alimento insalubre, podendo indicar a ocorrência de patógenos ou a deterioração potencial do alimento (CARVALHO, 2005; SERIO et al., 2009).

A vida útil depende do número e do tipo de microrganismos inicialmente presentes no produto e seu posterior crescimento. A contagem inicial de microrganismos mesófilos, em carnes e produtos cárneos processados é em torno de 10^2 a 10^3 UFC/g, consistindo em uma grande variedade de espécies, entretanto somente 10% das bactérias presentes crescem em temperatura de refrigeração (SLONGO, 2008).

Segundo dados da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde, durante o período de 2000 a 2011, a carne suína *in natura* e processada e seus embutidos estão em nono lugar quanto à notificação de dados epidemiológicos relacionados a doenças transmitidas por alimentos (BRASIL, 2012).

3.3 EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Com a maior exigência dos consumidores em relação à segurança dos alimentos, houve uma maior atenção em relação às embalagens pelas indústrias alimentícias. As embalagens devem proteger e conservar o alimento durante a estocagem e comercialização do produto, além de informar e atrair o consumidor. Desta forma, a embalagem cumpre diversas funções, como as descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Funções da embalagem.

Funções	Atributos
Proteção	Previne danos mecânicos, deterioração do produto (barreira a gases, umidade, luminosidade, aromas e outros), contaminação externa e adulteração; aumento de vida útil do produto.
Promoção	Proporciona estética e apelo de venda; apresenta e descreve o produto e suas características; é instrumento de propaganda e <i>marketing</i> .
Informação	Identifica o produto; descreve seu modo de preparo e uso; lista ingredientes; apresenta informações nutricionais e instruções para armazenamento, abertura, segurança e descarte, tanto do produto como da embalagem.
Logística e manuseio	Viabiliza o transporte eficiente do produtor até o varejista e durante exposição comercial.
Conveniência e individualização	Facilita o preparo, armazenamento, porcionamento (compra individualizada) e consumo.
Sustentabilidade	Reduz a perda do produto e pode permitir a reutilização da embalagem; auxilia e orienta o descarte do produto e da embalagem; protege o produto e permite a estocagem adequada, garantindo sua maior durabilidade; viabiliza um transporte eficiente; apresenta oportunidades no uso de matérias-primas alternativas e renováveis e projeto otimizado; entre outros.

Fonte: EUROPEAN, 2009 apud ABRE, 2016.

A utilização de polímeros plásticos convencionais como embalagem pelos brasileiros para o transporte e armazenamento de produtos diversos vem crescendo. Com isso, o país segue uma tendência mundial na amplificação da

produção de plásticos. O setor de embalagens é de grande relevância para a disponibilização e distribuição de produtos alimentícios, sendo responsável pelo uso de mais de 40% de plástico produzido no mundo. Portanto o impacto ambiental proveniente da forma incorreta de descarte pós-consumo destas embalagens é um grande desafio para a humanidade (MAGRINI et al., 2012).

Neste contexto, o interesse na utilização de produtos de fontes renováveis e a produção de materiais plásticos biodegradáveis vêm se intensificado como política em diversos setores da sociedade (NETO et al., 2011). Segundo Carmo (2012), os polímeros provenientes de fontes renováveis são interessantes para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam à preservação ambiental e a busca de potenciais alternativos de substituição de plásticos convencionais oriundos do petróleo. Com isso um crescente interesse em nível mundial em relação aos polímeros biodegradáveis vem sendo observado, principalmente quando o desenvolvimento sustentável é considerado (CAMPAGNER et al., 2014).

De acordo com a Norma Brasileira de embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis (ABNT NBR 15448-2), a degradação é uma alteração na estrutura química do polímero, que leva a uma perda irreversível das propriedades de uso do material. A biodegradação é causada por atividade biológica de ocorrência natural por ação enzimática. Plásticos biodegradáveis são aqueles em que sua degradação ocorre por microrganismos e suas enzimas, que em condições ambientes (temperatura, pressão e umidade), usam estes polímeros como fonte de carbono (ARENAS, 2012).

O conhecimento referente ao material a ser utilizado na formulação dos filmes e revestimentos é de grande relevância, pois as interações entre os componentes do material dependerão desta escolha, que poderão interferir nas propriedades de barreira, mecânicas e sensoriais dos filmes (JENSEN, 2007).

A partir da década de 1990, o interesse no desenvolvimento de materiais termoplásticos compostos essencialmente por amido, envolvendo a adição de plastificantes para melhorar as propriedades mecânicas teve um grande aumento. Os plastificantes mais indicados para a matriz amilácea são os polióis, como glicerol e sorbitol, proporcionam uma melhoria nas propriedades mecânicas do filme, entretanto outros compostos também são utilizados, como

agentes antimicrobianos, vitaminas, antioxidantes, aromatizantes e pigmentos (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

3.3.1 EMBALAGENS ATIVAS

A busca por produtos naturais, com menos conservantes, mais seguros e de qualidade, são exigências dos consumidores atuais. Entretanto as embalagens tradicionais não são suficientes para atender estas exigências, fazendo-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias no campo das embalagens (ABRE, 2016).

As embalagens ativas podem ser uma alternativa para esta demanda dos consumidores, pois interagem de forma intencional com o alimento, aumentando sua segurança, conservando as propriedades sensoriais e prolongando o tempo de vida útil do produto embalado (SOARES et al., 2009; VERMEIREN et al., 2002). Neste caso, os aditivos são incorporados ou imobilizados na embalagem, sendo liberados de forma controlada para o alimento. Desta forma, estão presentes em pequenas quantidades e apenas em sua superfície, não sendo necessária sua incorporação direta ao produto (KERRY, GRADY, HOGAN, 2006). Diversos tipos de embalagens ativas já foram desenvolvidos, como os descritos na Tabela 2.

Vários métodos de conservação são adotados pelas indústrias de alimentos para manter a qualidade do produto durante toda sua exposição comercial, que em muitos casos é interrompida pelo crescimento microbológico. Pasteurização, congelamento, desidratação são tecnologias utilizadas para inibir o crescimento microbiano, entretanto a adição de agentes antimicrobianos na embalagem previne a deterioração por microrganismos (COLES, McDOWELL, KIRWAN, 2003).

As embalagens antimicrobianas são uma alternativa para produtos como massas, carnes e queijos, já que sua deterioração se inicia na superfície, devido ao corte e fatiamento (COLES, McDOWELL, KIRWAN, 2003; JOFRÉ, GARRIGA, AYMERICH, 2008).

Tabela 2. Exemplos de aplicações de embalagens ativas na indústria de alimentos.

Embalagens Ativas	Principais Componentes	Aplicações
Absorvedor de oxigênio	Pó de ferro, ácido ascórbico, compostos organometálicos, glicose-oxidase, etanol-oxidase.	Produtos de panificação, café, chá, leite em pó, queijos, produtos cárneos.
Absorvedor de etileno	Permanganato de potássio, carvão ativado, sílica gel, zeólita, argila.	Frutas e hortaliças.
Absorvedor de umidade	Propilenoglicol, poli (álcool vinílico), sílica gel, terra diatomácea, argila.	Frutas, hortaliças, produtos congelados e de panificação.
Absorvedor de dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio e hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, óxido de cálcio e sílica gel.	Café torrado, produtos desidratados.
Emissores de etanol	Etanol.	Produtos de panificação e pescados.
Liberadores e conservantes antimicrobianos	Sorbatos, benzoatos, propionatos, etanol, ozônio, peróxido, dióxido de enxofre, antibióticos, zeólita de prata, enzimas.	Carne, peixe, queijo, frutas secas e produtos de panificação.
Emissores de dióxido de carbono	Ácido ascórbico, carbonato de ferro e haleto metálico.	Frutas e hortaliças, peixes, carnes e aves.

Fonte: BRAGA, PERES (2010).

A embalagem ativa com atividade antimicrobiana possui um agente antimicrobiano incorporado ou imobilizado na embalagem, com o objetivo de inibir o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos, constituindo uma barreira extra à barreira física. Na incorporação, ocorre a liberação do agente antimicrobiano para o alimento embalado. Na imobilização o agente age apenas na superfície do alimento (HAN, 2005).

Alguns compostos que possuem atividade antimicrobiana são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Compostos químicos com atividade antimicrobiana.

Classe	Antimicrobianos
Ácidos orgânicos	Ácido acético, ácido, benzoico, ácido málico, ácido p-amino benzoico, ácido láctico, ácido propiônico, ácido tartárico, ácido succínico, mistura de ácidos orgânicos.
Sais de ácidos	Benzoato de sódio, benzoato de potássio, sorbato de potássio, acetato de sódio.
Ácidos graxos	Ácido láurico, ácido palmitoleico.
Agentes quelantes	EDTA, citrato.
Metais	Prata, cobre, zircônio.
Extrato de plantas	Extrato de semente de uva, óleo de orégano, timol.
Enzimas	Nisina, lisozima.

Fonte: FERREIRA (2012).

Nenhum agente antimicrobiano é capaz de cumprir com todos os requisitos de preservação de alimentos contra o crescimento de microrganismos indesejáveis (SUPPAKUL et al., 2003). Entretanto as bacteriocinas podem exercer ação inibitória sobre diferentes grupos de microrganismos (NASCIMENTO, MORENO, KUAYE, 2008).

Dentre as bacteriocinas conhecidas, a nisina é a única reconhecida pelo FDA (Food and Drug Administration), seu uso como agente natural de conservação de alimentos é aprovado por mais de 50 países. No Brasil, foi aprovada em 1996 como agente natural de conservação de alimentos para utilização em queijos pasteurizados e na superfície externa de salsichas, no limite máximo de 12,5 mg/kg (BRASIL, 1996; MELO, 2006).

A nisina é produzida por algumas linhagens de *Lactococcus lactis*, tendo ação inibitória contra *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Listeria Micobacterium*, bactérias Gram-positivas e esporos de *Clostridium* e *Bacillus* (SCHULZ, et al., 2003; MELO, SOARES, GONÇALVES, 2005).

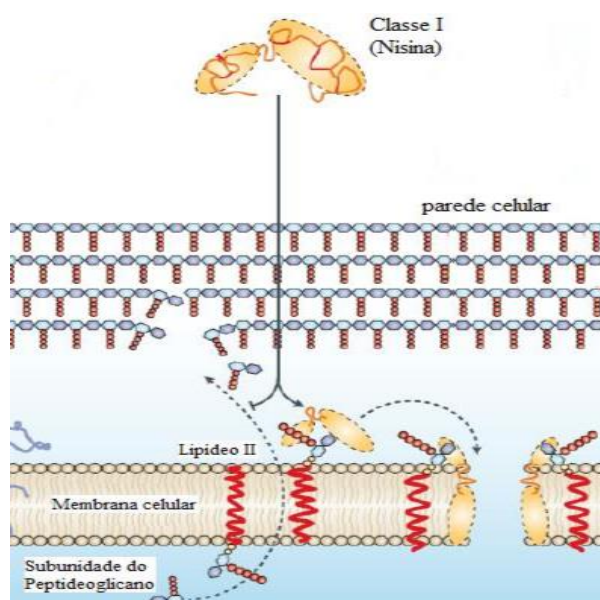
A nisina é uma substância estável em pH ácido e que nesta condição pode suportar altas temperaturas, como a de autoclavagem (121 °C / 15

minutos), entretanto em pH neutro ou básico têm sua atividade reduzida. É uma substância não tóxica, sendo digerida pelo ser humano, pela enzima α -quimotripsina.

Devido ao seu tamanho molecular (3353 g/mol), pode ser incorporada em filmes, sendo liberada em contato com o alimento. É efetiva em baixas concentrações (10 mg/kg de produto) e não promove alteração na qualidade sensorial do produto (MELO, SOARES, GONÇALVES, 2005).

A nisina é capaz de interferir na síntese da parede celular do microrganismo, provocando a formação de poros na membrana celular, alterando sua permeabilidade através dos poros, provocando a morte celular. Seu mecanismo de ação está descrito na Figura 2.

Figura 2. Mecanismo de ação da nisina.



Fonte: Adaptado de MELO, SOARES, GONÇALVES (2005).

As embalagens antioxidantes também são uma alternativa para estender a vida útil de produtos que podem sofrer oxidação lipídica durante o armazenamento. Neste sistema, há a incorporação de substâncias antioxidantes em filmes plásticos, as quais serão liberadas, protegendo os alimentos da degradação por oxidação, inibindo as reações com radicais livres (VERMEIREN et al., 1999).

Produtos cárneos são altamente susceptíveis a alterações físicas, químicas e microbiológicas, devido ao seu alto teor de umidade, proteínas, gorduras e outros nutrientes, reduzindo sua vida útil (OLIVO, 2006).

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo, responsável pelo desenvolvimento do ranço, sendo uma das principais causas de perda de qualidade em produtos cárneos, responsável pela perda de cor, alteração de sabor, modificação da textura e formação de compostos tóxicos, podendo ter sua velocidade de reação acelerada por ação de microrganismos (MATHIAS et al., 2010).

A coloração do presunto é umas das principais características relacionadas à qualidade do produto, interferindo diretamente na intenção de compra do consumidor. A alteração da cor durante o armazenamento pode ser atribuída à oxidação do pigmento heme, podendo estar relacionada à oxidação lipídica, e pelo crescimento de microrganismos. Alterações responsáveis por afetar as propriedades físicas, químicas e sensoriais do produto (SHIMOKOMAKI; OLIVO, 2006).

A oxidação e estabilidade dos lipídios dependem de vários fatores como do número e a natureza das insaturações presentes, o tipo de interface entre os lipídios e o oxigênio, a exposição à luz e ao calor, a presença de pró-oxidantes ou de antioxidantes (SILVA, BORGES, FERREIRA, 1998).

De acordo com a FDA (*Food and Drug Administration*), antioxidantes são compostos adicionados em pequenas quantidades a alimentos para retardar sua deterioração por rancidez e descoloração, causadas pela oxidação de óleos e gorduras. Os antioxidantes devem ser eficientes em baixa concentração, possuir afinidade com a matriz do alimento, aceitação sensorial, atóxico e não interferir nas propriedades físicas dos alimentos.

Os antioxidantes sintéticos mais aplicados em alimentos são o BHA (Butil-hidroxi-anisol), BHT (Butil-hidroxi-tolueno), TBHQ (Butil-hidroquinona terciária) e PG (propil galato) (SHIRAHIGUE, 2008).

O BHA é um antioxidante efetivo frente à oxidação de gorduras de origem animal e possui eficiência limitada em óleos insaturados de vegetais ou sementes, estabilidade térmica e controle de oxidação de ácidos graxos de cadeia curta, além de agir como sequestrante de radicais peróxidos.

Os antioxidantes são classificados quanto ao seu mecanismo de atuação. O BHA é um antioxidante classificado como primário, ou seja, atua inibindo ou retardando a oxidação por inativação de radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, devido à doação de átomos de hidrogênio ou de elétrons, transformando os radicais em substâncias estáveis (SILVA et al., 2010).

Por possuir uma estrutura fenólica, possibilita a doação de um próton ao radical livre, regenerando a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres.

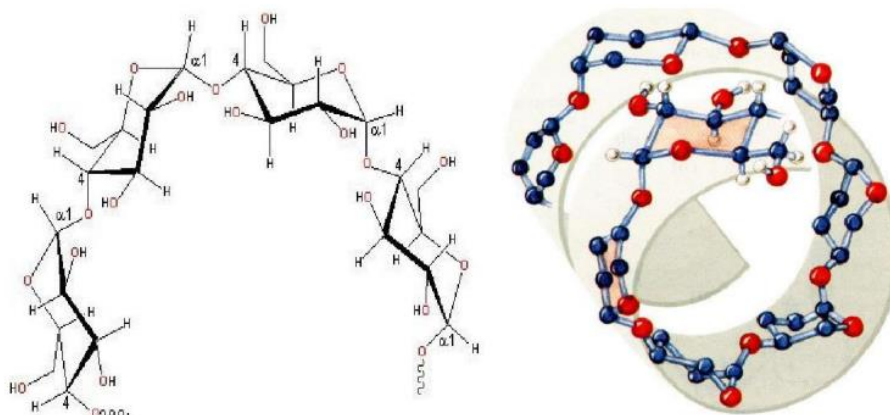
No Brasil, seu uso é permitido pela legislação, sendo controlado pelo Ministério da Saúde, podendo ser adicionado em alimentos em até 200 mg/kg (RAMALHO, JORGE, 2006).

3.3.2 AMIDO

Os amidos são polissacarídeos e são fontes de reserva energética nos vegetais, desta forma estão presentes em frutas, legumes, cereais, raízes e tubérculos, porém o amido utilizado comercialmente é extraído somente dos cereais, raízes e tubérculos. O amido é armazenado em grânulos, os quais possuem uma organização molecular, o que confere cristalinidade ou semicristalinidade. Sendo assim o amido é um biopolímero amplamente utilizado na constituição de materiais biodegradáveis, pois é um material de baixo custo e abundante (HERINQUE, CEREDA, SARMENTO, 2008; MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2010).

O amido é constituído pela mistura de dois polímeros de glicose, amilose e amilopectina. A amilose (Figura 3) é formada por uma cadeia linear de α -D-glicose através de ligações (1 \rightarrow 4) contendo poucas ramificações de ligação α -D- (1 \rightarrow 6) com grau de polimerização entre 200 a 3000 resíduos de α -D-glicose, variando de acordo com a fonte do amido. Os amidos nativos, em sua maioria, possuem aproximadamente 25% de amilose. Entretanto, pode variar de acordo com a fonte botânica, o amido de milho possui em torno de 25% amilose, enquanto o de mandioca entre 16 a 20%, já os amidos de milho de alta amilose possuem cerca de 52% e 70 a 75% (FENNEMA, 2010).

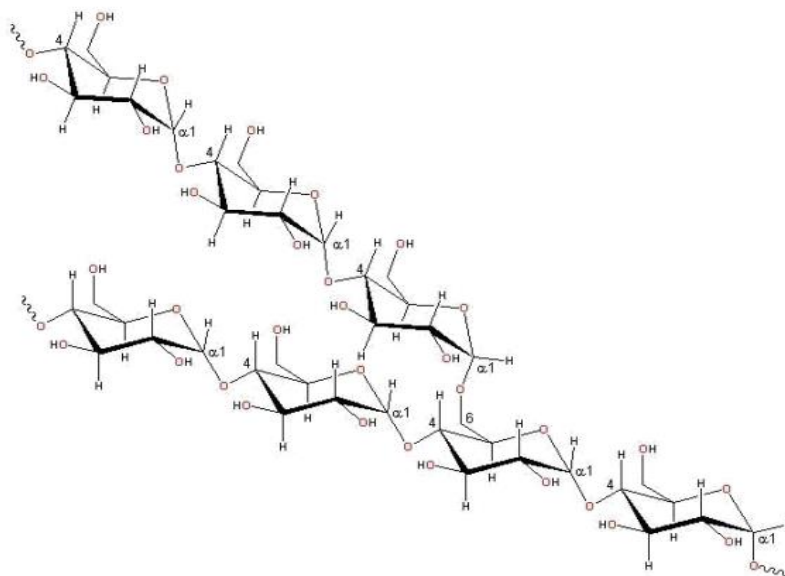
Figura 3. Estrutura química e helicoidal da amilose.



Fonte: NELSON, COX (2011).

Na amilopectina (Figura 4) as unidades de D-glicose também são ligadas na posição α -(1 \rightarrow 4), entretanto apresenta ramificações laterais ligadas à cadeia principal na posição α -(1 \rightarrow 6). É uma molécula extensa com muitas ramificações, as quais compreendem entre 4 e 5% de todas as ligações, suas ramificações são agrupadas e possuem forma de hélices duplas. Todos os amidos são constituídos por aproximadamente 75% de amilopectina, com exceção dos amidos cerosos que contêm apenas amilopectina (FENNEMA, 2010).

Figura 4. Estrutura química da amilopectina.

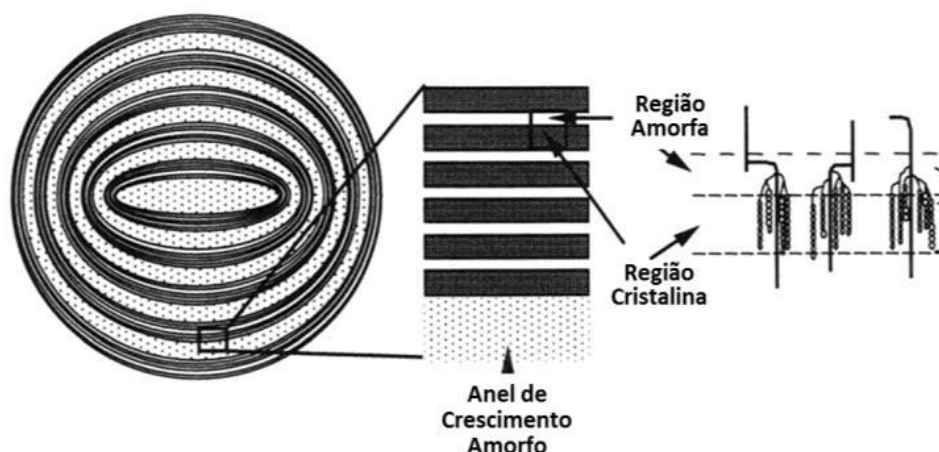


Fonte: NELSON, COX (2011).

As ramificações da amilopectina consistem em várias cadeias lineares curtas, arranjadas em dupla-hélice, formando os cachos ou *clusters*. Possuindo regiões cristalinas resistentes à hidrólise ácida e enzimáticas e regiões amorfas, as quais são menos ramificadas, menos compactadas e mais susceptíveis à hidrólise ácida (GONÇALVES, 2007).

No grânulo de amido, a amilose e amilopectina estão dispostas em camadas. As moléculas, quando paralelas, se associam, por ligações de hidrogênio, formando regiões cristalinas. As regiões que possuem poucas, ou nenhuma associação, são conhecidas como regiões amorfas. A cristalinidade do amido (Figura 5) é determinada pela disposição das zonas amorfas e cristalinas (GONÇALVES, 2007).

Figura 5. Estrutura do grânulo de amido.



Fonte: VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004.

O amido quando submetido à pressão, cisalhamento, temperaturas na faixa de 90 a 180 °C e na presença de um plastificante como água ou glicerol, se transforma em um material fundido. A amilose e amilopectina ficam intercaladas e a sua estrutura semicristalina é desfeita, originando o amido termoplástico (ATp) (AVÉROUS, 2004).

3.3.3 BLENDA DE AMIDO E POLÍMEROS SINTÉTICOS BIODEGRADÁVEIS

As blendas são constituídas por misturas físicas de um ou mais polímeros, homopolímeros e/ou copolímeros, com diferentes estruturas químicas em proporções definidas. São formadas pela mistura dos polímeros em um

solvente, o qual é evaporado para formação das blendas, método de *casting*, ou podem ser fundidos e depois resfriados, como na extrusão.

As blendas poliméricas são muito utilizadas, pois permitem modificar as propriedades mecânicas e de barreira aos gases dos materiais sem a necessidade de desenvolver novos materiais para atender as propriedades desejadas, podendo ainda apresentar um baixo custo, dependendo da formulação, e uma vasta gama de possibilidades para indústrias (MANSON, 2012).

Em função das propriedades termodinâmicas, as blendas podem ser miscíveis ou imiscíveis. Esta miscibilidade dos polímeros ocorre através das interações químicas entre eles, através de interações dipolo-dipolo, ligações de hidrogênio, força de Van der Waals (SILVA et al., 2016).

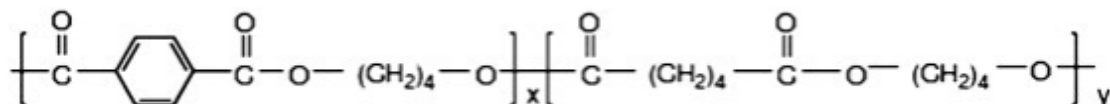
Nas blendas miscíveis os polímeros interagem formando uma estrutura monofásica, apresentando uma única temperatura de transição vítrea (T_g), intermediária em relação às T_g s dos componentes individuais. Já as blendas imiscíveis apresentam duas fases com duas ou mais temperaturas de transição vítrea, iguais às dos seus componentes puros (SILVA et al., 2016).

Blendas constituídas por amido são de grande interesse, pois o amido é um polímero biodegradável, abundante e de baixo custo. Entretanto, filmes constituídos apenas por amido e plastificante (amido termoplástico - ATp) são higroscópicos e não apresentam boas propriedades mecânicas. Para que estas propriedades do ATp sejam melhoradas, misturas com polímeros sintéticos têm sido realizadas, viabilizando sua utilização como embalagens, melhorando as suas propriedades mecânicas, como resistência à tração e alongamento, e diminuindo a sensibilidade a água dos ATp (MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2010).

Os poliésteres biodegradáveis possuem biodegradabilidade devido a sua flexibilidade estrutural. Podem ser poliésteres alifáticos, os quais são mais biodegradáveis, ou poliésteres aromáticos, que possuem melhores propriedades mecânicas. Objetivando-se unir as boas características de biodegradabilidade dos alifáticos com as boas propriedades dos aromáticos, foram desenvolvidos os copoliésteres alifáticos aromáticos, como o poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT), de nome comercial Ecoflex® (BASF, 2016).

O PBAT (Figura 6) é constituído por 50 mol % de 1,4 butanodiol, 27,8 mol % de ácido adípico, 22 mol % de ácido tereftálico, e pequenas quantidades de diácidos e dióis (MULLER et al., 1998; WITT et al., 2001).

Figura 6. Estrutura química do poli (adipato co-tereftalato de butileno), “y” representa a cadeia alifática e “x” a cadeia aromática.



Fonte: FUKUSHIMA et al. (2012).

Segundo seu fabricante comercial (BASF, 2016), o Ecoflex® é um polímero, que permite a fabricação de filmes extrudados e soprados, artefatos termomoldados e injetados, para embalagem de alimentos. Pode ser combinado ao papel, como componente multilaminar, ao amido e a outros polímeros biodegradáveis para formar blendas poliméricas, possui boa resistência à gordura, umidade e oscilações de temperatura, além de possuir boa resistência a quebras e rachaduras, devido à alta resistência a tensão.

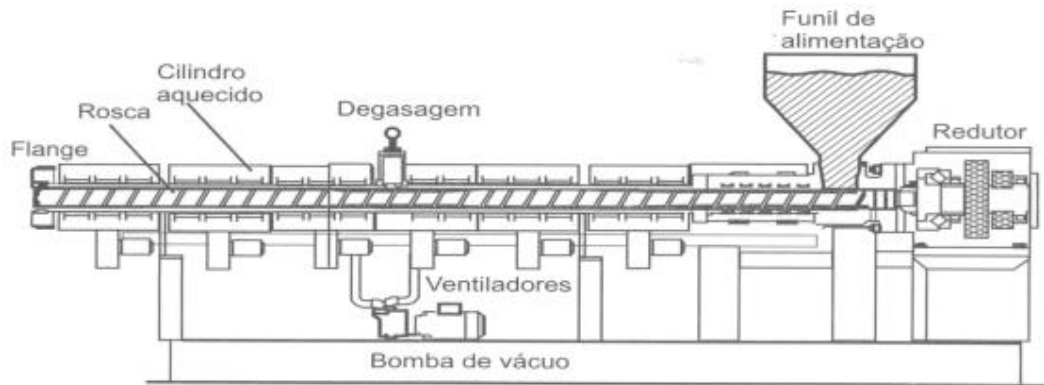
3.3.4 EXTRUSÃO

A extrusão é o processo termomecânico mais utilizado no processamento de materiais plásticos. É uma técnica que possui flexibilidade operacional, sendo um processo contínuo de produção, processa polímeros com elevada viscosidade sem necessidade da presença de solventes, possui viabilidade de injeção múltipla e controle de tempo e do grau da mistura (LIU et al., 2009; THUNWALL et al., 2006). Técnicas de injeção e termoprensagem podem ser combinadas à extrusão.

A extrusora é constituída por um alimentador, um pré-condicionador, uma rosca sem-fim, um cilindro encamisado, uma matriz de saída do material e um sistema de corte (Figura 7). O movimento da rosca promove o transporte do polímero, o qual é progressivamente aquecido, plastificado e comprimido. Desta forma, a rosca é um dos componentes mais importantes de uma extrusora, por

transportar, fundir, homogeneizar e plastificar o material (ROSA et al., 2004; DING, 2005).

Figura 7. Representação da extrusora.



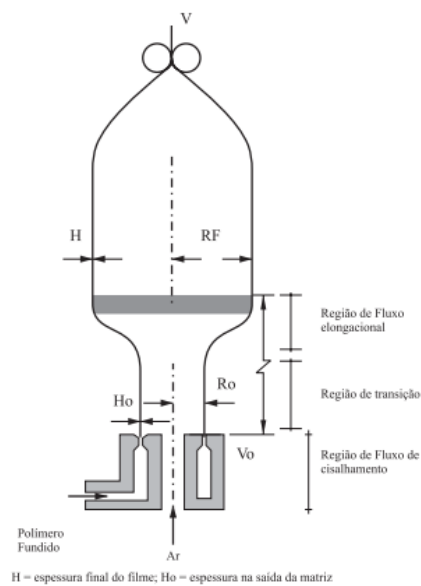
Fonte: GUIMARÃES (2013).

As extrusoras comerciais podem ser de rosca cônica simples, rosca dupla, ou rosca “supercônica”. As extrusoras de dupla rosca são muito utilizadas na produção de resinas termoplásticas e atingem o máximo de sua capacidade quando o seu torque é totalmente utilizado. Equipamento que utilizam as duas roscas girando com velocidades iguais são mais econômicas e mais viáveis tecnicamente no preparo de formulações de resinas termoplásticas (CRIPPA, 2006).

Durante a extrusão, o amido termoplástico ou as blendas poliméricas são colocados em um cilindro aquecido e o material amolecido é forçado por um parafuso rotativo a entrar através de uma abertura em uma matriz, para a obtenção de formas contínuas. Este processo promove o rearranjo das ligações de hidrogênio, permitindo a plastificação (SAKANAKA, 2007).

A matriz anelar é a mais utilizada para produção de filmes flexíveis, a qual produz balões tubulares na vertical. Os filmes soprados são produzidos pela extrusão do biopolímero fundido, na forma de tubo, este é inflado até que atinja um diâmetro maior, formando uma “bolha” com paredes estiradas na circunferência (pelo ar injetado) e na vertical, por rolos puxadores, enquanto são resfriadas (MANRICH, 2005).

Figura 8. Esquema do processo de extrusão de filmes em sistema tubular.



Fonte: GUERRINI, PAULIN, BRETAS (2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos laboratórios do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL, Londrina-PR).

4.1 MATERIAL

4.1.1 Filmes biodegradáveis

Os filmes foram constituídos por amido, glicerol, poliéster biodegradável e BHA, entretanto duas formulações (controle e BHA – Tabela 4) foram submetidas ao banho de nisina na concentração de 100 g/L. O amido utilizado foi o de mandioca (Yoki, Brasil), o poliéster biodegradável utilizado foi o poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT), fornecido pela empresa BASF (Alemanha) sob nome comercial de Ecoflex®. Como plastificante foi utilizado o glicerol comercial (Dinâmica, Brasil), o ácido cítrico (Dinâmica, Brasil) como compatibilizante, a nisina (Proquiga, Espanha) como antimicrobiano e o BHA (Inlab, Brasil) como antioxidante.

4.1.2 Carne bovina moída

A carne, do corte acém, foi adquirida no comércio de Arapongas-PR, onde a mesma foi moída, acondicionada em caixa térmica e transportada ao laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, onde foi refrigerada a 4 °C.

4.1.3 Presunto cozido

A peça de presunto foi adquirida no comércio de Londrina-PR, onde a mesma foi fatiada, acondicionada em caixa térmica e transportada ao laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, onde foi refrigerada a 7 °C.

Segundo as informações do rótulo do fabricante, o presunto cozido era constituído por carne suína (pernil), água, sal, proteína vegetal de soja, açúcar, fibra de colágeno (animal), extrato de orégano, regulador de acidez lactato de sódio (INS 325), espessante carragena (INS 407), estabilizantes tripolifosfato de sódio (INS) 451i e polifosfato de sódio (INS 452i), acidulantes ácido láctico (INS 270) e ácido cítrico (INS 330), realçador de sabor glutamato monossódico (INS 621), antioxidantes eritorbato de sódio (INS 316) e ácido ascórbico (INS 300), corante natural carmim de cochonilha (INS 120), conservante nitrito de sódio (INS 250) e aromas naturais de pimenta vermelha, pimenta preta, cravo, canela e noz moscada.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Produção dos filmes

Os filmes foram produzidos por extrusão-sopro em balão, em extrusora de laboratório da marca BGM e modelo EL-25, composta por rosca com diâmetro de 25 mm e 700 mm de comprimento; caixa de alimentação com refrigeração a água; acionamento por motor de 10 CV com inversor de frequência; quatro zonas de aquecimento; sistema com ar interno para formação do balão e anel de ar externo para resfriamento para formar filmes com diâmetro de 300 a 350 mm; duas bobinas de acionamento pneumático; controladores e

indicadores de temperatura digital microprocessado controle proporcional integral derivativo (PID) das zonas de aquecimento e refrigeração da torre de resfriamento; bobinador automático e granulador com regulador de velocidade.

A produção das blendas foi realizada em duas etapas, a peletização de todos os componentes da fórmula simultaneamente, a incorporação do antioxidante, realizada diretamente no glicerol, sendo esta mistura então adicionada do PBAT e do amido. Todos os componentes foram homogeneizados manualmente. Foram produzidas quatro formulações para os filmes (Tabela 4).

Tabela 4. Formulações das embalagens ativas biodegradáveis.

Formulação	Amido (g/100 g)	Glicerol (g/100 g)	PBAT (g/100 g)	BHA (g/100 g)	Banho de Nisina	Ácido citríco (g/100 g)
Controle	51,1	18,9	30	0	Não	0,03
BHA	51,1	18,9	30	1	Não	0,03
Nisina	51,1	18,9	30	0	Sim	0,03
BHA+Nisina	51,1	18,9	30	1	Sim	0,03

Os tratamentos serão abreviados e serão denominados de C para o filme controle; N para o filme com banho de nisina; BHA para o filme com BHA; B+N para o filme com banho de nisina e BHA; e SF para a carne ou presunto sem filme biodegradável (similar a embalagem comercial).

As formulações foram processadas para a produção de pellets, utilizando-se quatro zonas de aquecimento e uma matriz com dois orifícios de 2 mm de diâmetro. Empregou-se o seguinte perfil de temperatura: 95/110/100/90 °C, com velocidade do parafuso de 35 rpm.

Após o preparo dos pellets, os mesmos foram utilizados para a produção de filmes pelo processo de extrusão sopro, empregando-se cinco zonas de aquecimento e uma matriz circular de 50 mm de diâmetro com fluxo interno de ar para a formação dos filmes, com as seguintes temperaturas, 125/120/120/110/90 °C, com velocidade do parafuso de 35 rpm.

Após a produção dos filmes uma formulação do controle e outra do BHA foram submetidas ao banho de nisina (100 g/L). O banho de nisina foi preparado na concentração de 100 g/L de água destilada. Os filmes foram

imersos na solução por 2 minutos foram secos em temperatura ambiente por aproximadamente 3 horas.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

As análises foram realizadas em triplicata e os filmes foram caracterizados quanto as suas propriedades mecânicas de tração, permeabilidade ao vapor de água e isothermas de sorção.

4.3.1 Propriedades mecânicas de tração e alongação na ruptura

As propriedades mecânicas foram determinadas de acordo com o método da *American Society for Testing and Material* - ASTM D-882-91 (1996), utilizando texturômetro Stable Micro Systems (modelo TATX2i, Inglaterra).

Antes de serem analisados, os filmes cortados (50 mm x 20 mm) foram condicionados em umidade relativa de 53% (solução de nitrato de magnésio saturada) a 25 °C durante 48 horas. Foram utilizadas 15 amostras para cada formulação, cortadas no sentido longitudinal dos filmes.

As amostras foram ajustadas às garras pneumáticas do equipamento, a uma distância de 30 mm e tracionadas com velocidade de 0,8 mm/s. Foram determinados a resistência máxima à tração (MPa), porcentagem de alongação (%) e Módulo de Young.

4.3.2 Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada pelo método gravimétrico, de acordo com o método da *American Society of Testing and Material* (ASTM E96-00, 2000). Os filmes foram fixados em cápsulas de permeabilidade parcial com solução salina de umidade relativa 33%. As cápsulas foram dispostas em dessecador contendo solução salina de umidade relativa 64% a 25 °C. As soluções saturadas desenvolveram um gradiente de 33% a 64% de umidade relativa.

Foram realizadas pesagens em intervalo de 24 horas, até taxa constante de ganho de massa. A permeabilidade ao vapor de água foi calculada utilizando a Equação 1.

$$PVA = \frac{\frac{m}{t} \times \frac{1}{A} \times e}{p_s \times \left(\frac{UR_1 - UR_2}{100} \right)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

A - área de permeação do corpo de prova (m²);

e - espessura do filme (m);

p_s - pressão de saturação do vapor na temperatura de teste (Pa);

UR₁ - umidade relativa no interior do dessecador (%);

UR₂ - umidade relativa no interior da cápsula (%).

4.3.3 Isotermas de sorção de água

Para a determinação das isotermas de sorção foram utilizadas em torno de 400 a 800 mg de amostra, previamente desidratada durante duas semanas em dessecador contendo CaCl₂ anidro, pelo método de Ponto de Orvalho Dinâmico através do equipamento AquaSorp (Decagon Devices Inc., EUA). As isotermas foram obtidas pela plotagem dos dados de umidade no equilíbrio *versus* atividade de água. Os dados experimentais de umidade em função da atividade de água das amostras foram ajustados pelo modelo matemático de Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) (Equação 2) e os parâmetros do modelo (Tabela 7) foram calculados pelo *software* SorpTrac Decagon.

$$X = \frac{Xm C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde X é a umidade de equilíbrio (g água/g de massa seca); a_w a atividade de água; Xm umidade na monocamada do material adsorvente; C a constante de Guggenheim, que representa o calor de sorção na primeira camada e K é a constante de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido.

4.4 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

CARNE BOVINA MOÍDA

Cerca de 50 g da carne moída foram colocadas dentro dos sacos de filme biodegradável (Tabela 4), previamente tratado em luz UV por 10 minutos cada lado. No tratamento sem o filme biodegradável (SF) foram colocadas as 50 gramas de carne moída em bandeja de isopor recoberta por filme de PVC. As

amostras foram armazenadas em estufa para B.O.D. a 4 °C, sendo avaliadas a cada dois dias, num total de 7 dias.

PRESUNTO COZIDO

Quatro fatias de presunto foram colocadas em bandejas de isopor, entre cada fatia de presunto havia filme biodegradável (Tabela 4), previamente tratado em luz UV por 10 minutos cada lado, o sistema foi recoberto por filme de PVC e armazenado em estufa para B.O.D. a 7 °C, as amostras foram avaliadas a cada três dias, num total de 16 dias.

Foram realizadas análises microbiológicas (contagem de mesófilos), de cor, pH, atividade de água, oxidação lipídica e perda de massa.

4.4.1 Contagem de mesófilos

Segundo a metodologia de Silva et al. (2007), pesou-se assepticamente 25 g de cada amostra, posteriormente trituradas e diluídas em 225 mL de água peptonada 0,1%. A diluição obtida corresponde a 10^{-1} , a partir da qual foram obtidas as demais diluições decimais. As diluições de cada amostra foram semeadas em ágar padrão para contagem (PCA), que é meio de enriquecimento para cultivo e enumeração de microrganismos mesófilos.

Após a solidificação do ágar, as placas foram incubadas em temperatura de 36 ± 1 °C durante 48 horas. Após este período foi feita a leitura das placas que continham de 25 a 250 colônias. Os resultados foram expressos em log UFC/g.

4.4.2 Determinação de pH

O pH das amostras foi medido utilizando um potenciômetro (Hanna Instruments, modelo HI 3221, Portugal). O eletrodo do equipamento foi previamente calibrado com soluções tampão pH 4 e 10, e em seguida, pesou-se cerca de 10 g de amostra, coletada aleatoriamente (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

4.4.3 Determinação de atividade de água

A atividade de água foi determinada utilizando-se o aparelho Aqua Lab (modelo 4 TEV, Decagon Devices Inc., EUA). A amostra foi triturada e colocada no equipamento. O valor da atividade de água é determinado por ponto de orvalho, depois de atingido o equilíbrio. A calibração do aparelho foi feita com água destilada em temperatura ambiente (20 a 25 °C) (BRASIL, 1999).

4.4.4 Perda de massa

A perda de massa foi determinada pela diferença entre a massa inicial (m_0) e a pesagem das amostras (m), de acordo com a Equação 3, sendo expressa em porcentagem (%) em relação ao valor inicial. Para a realização da pesagem foi utilizada balança analítica com precisão de 0,001g.

$$\text{Perda de massa} = 100 \left(\frac{m_0 - m}{m_0} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

4.4.5 Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS

Pesou-se 20 g da amostra de presunto, adicionou-se 96 mL de água destilada e a mistura foi transferida para um balão de destilação de 250 mL com auxílio de bastão de vidro. Adicionou-se 2,5 mL de solução de ácido clorídrico 4 M para o pH atingir 1,5, 2 mL de solução de sulfonamida (somente nas amostras de presunto) e pérolas de vidro para evitar formação de espuma. A mistura foi destilada até se obter 50 mL do destilado após 10 minutos do começo da ebulição. Foi adicionado 5 mL do destilado em tubo de ensaio e 5 mL do reativo do tiobarbitúrico. O tubo foi vedado, agitado e colocado em banho-maria por 35 minutos. Após resfriado em água corrente por 10 minutos foi feita a leitura em espectrofotômetro a 530 nm, onde os resultados foram comparados com a curva padrão e expressos em mg TBARS/kg amostra. Utilizou-se como padrão a solução de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) na concentração de 2×10^{-5} M (TARLADGIS, et al., 1964).

4.4.6 Cor

A cor das amostras ao longo da armazenagem foi determinada utilizando um colorímetro Konica Minolta CR-400 (Japão). O instrumento foi

calibrado com padrão branco. Foram medidos os valores de a^* (vermelho-verde), b^* (amarelo-azul) e L^* (luminosidade) da superfície da carne moída e do presunto.

4.4.7 Análise Estatística

Analisou-se os dados estatisticamente por meio do software STATISTICA 7.0, realizando análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância e regressão linear para acompanhamento da vida útil.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

5.1.1 Propriedades mecânicas

Os valores obtidos para as propriedades mecânicas das diferentes formulações dos filmes utilizados como embalagens ativas de presunto fatiado encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Propriedades mecânicas dos filmes ativos biodegradáveis.

	FORMULAÇÃO DOS FILMES			
	Controle	Nisina	BHA	BHA+Nisina
Resistência à tração (MPa)	2,49 ± 0,12 ^a	1,84 ± 0,24 ^b	1,92 ± 0,09 ^b	1,18 ± 0,08 ^c
Alongamento (%)	25,79 ± 2,69 ^c	39,00 ± 4,24 ^a	20,01 ± 1,27 ^d	30,28 ± 2,78 ^b
Módulo de Young (MPa)	23,03 ± 1,56 ^a	13,44 ± 2,05 ^c	19,03 ± 1,04 ^b	9,99 ± 0,94 ^d

^{a,b,c,d} Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

De acordo com os resultados obtidos para as propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis (Tabela 5), o banho de nisina e a adição de BHA diminuíram a resistência à tração e o módulo de Young dos materiais, quando comparados com a formulação controle. Entretanto, o banho de nisina foi

responsável pelo aumento do valor do alongamento dos filmes, enquanto a adição de BHA provocou a diminuição deste mesmo parâmetro.

Resultados similares foram obtidos por Zehetmeyer (2016), que verificou os efeitos da adição de diferentes concentrações de nisina em filmes de PBAT. A nisina foi responsável por diminuir os valores de resistência à tração e do módulo de Young, enquanto aumentou os valores para o alongamento. O autor correlacionou estas alterações nas propriedades mecânicas com a composição da nisina comercial, que contém proteínas e sais e que contribuíram com a modificação das propriedades dos filmes.

Outros autores, como Scaffaro et al. (2011) e Bastarrachea et al. (2010), também observaram alterações das propriedades mecânicas dos seus filmes, em diferentes matrizes poliméricas, quando adicionaram a nisina em sua formulação. A adição de agentes antimicrobianos em diversos polímeros tem sido descrita como responsável por alterar as propriedades mecânicas dos filmes (RAMOS et al., 2012).

Jamshidian et al. (2012) também observaram que a adição de BHA em seus filmes de PLA, foi responsável pela redução da resistência à tração e do módulo de Young, quando comparados aos filmes de PLA puro, tal efeito foi explicado pela alteração da cristalinidade do polímero através da adição do BHA.

5.1.2 Permeabilidade ao vapor de água

Em relação à permeabilidade ao vapor de água, não houve diferença significativa entre as diferentes formulações dos filmes biodegradáveis, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. Permeabilidade ao vapor de água dos filmes ativos biodegradáveis.

Tratamento	PVA x10 ⁻⁶ g.(m.Pa.dia) ⁻¹
Controle	4,45 ± 0,69 ^a
Nisina	4,91 ± 2,16 ^a
BHA	4,68 ± 1,22 ^a
BHA+Nisina	6,37 ± 1,41 ^a

^a Médias com letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

Os resultados para permeabilidade ao vapor de água variaram entre $4,45 \times 10^{-6}$ e $6,37 \times 10^{-6}$ g.(m.Pa.dia)⁻¹, entretanto não houve diferença significativa entre os tratamentos.

O valor da permeabilidade ao vapor de água é fortemente influenciado pela presença do amido na formulação do filme, já que o mesmo é hidrofílico.

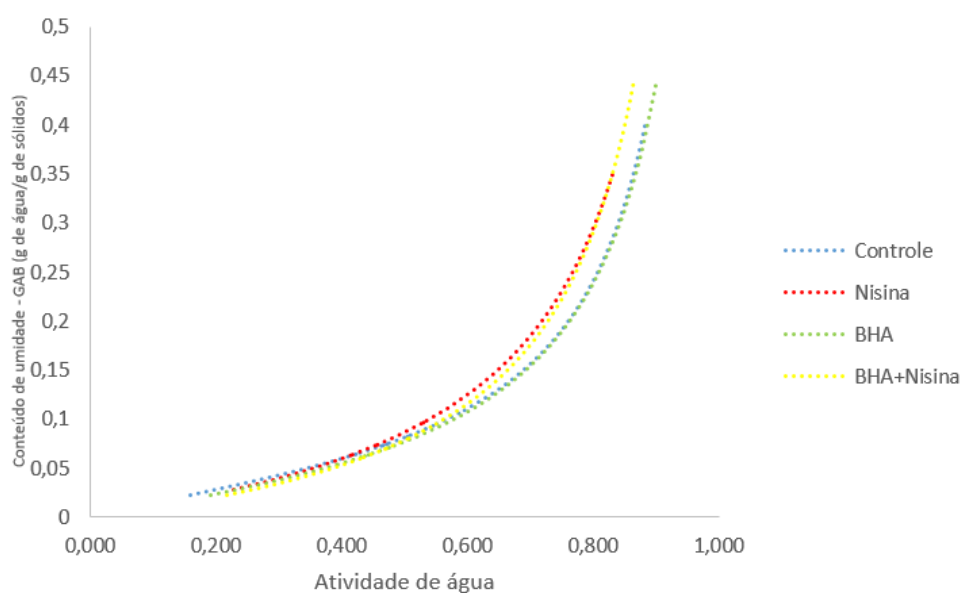
Costa (2008), encontrou valores de $10,08 \times 10^{-6}$ g.(m.Pa.dia)⁻¹, em sua formulação de amido termoplástico, PBAT (70:30) e 20% de glicerol, Brandelero (2010), em seus filmes de amido, PBAT (65:35) e 30% glicerol encontrou valores de $2,4 \times 10^{-7}$ g.(m.Pa.dia)⁻¹, sob gradiente 33-65% UR, valores maiores que os encontrados no presente trabalho.

Sakanaka (2007), obteve valor de $6,42 \times 10^{-6}$ g.(m.Pa.dia)⁻¹ em sua blenda de amido termoplástico e PBSA (70:30), próximo ao obtido no presente estudo.

5.1.3 Isotermas de sorção de água

As isotermas de sorção (Figura 9) foram obtidas pela plotagem dos dados de umidade no equilíbrio *versus* a atividade de água, que variou de 0,192 a 0,899, a 25 °C.

As isotermas foram classificadas como sendo do tipo II (Figura 9), indicando a natureza hidrofílica dos filmes. As isotermas de sorção dos filmes apresentaram comportamento semelhante para todas as formulações, estando sobrepostas até atividade de água de 0,50, acima deste valor as formulações nisina e BHA+nisina estão sobrepostas entre si e as formulações controle e BHA estão sobrepostas entre si. As formulações controle e BHA possuem capacidade de sorção de água ligeiramente menor, enquanto os filmes com nisina (N e B+N) apresentaram maior capacidade de sorção de água, evidenciada em atividade de água maior que 0,60.

Figura 9. Isotermas de sorção dos filmes ativos biodegradáveis.

Os valores de K (< 1) e o coeficiente de correlação ($R^2 > 0,99$) (Tabela 7) comprovam um bom ajuste do modelo de GAB aos dados obtidos experimentalmente. Outros autores encontraram resultados similares em seus filmes de amido de mandioca ou blends de amido/polímero sintético (ALVES, 2007; MALI et al., 2005; MÜLLER, YAMASHITA, LAURINDO, 2008; SAKANAKA, 2007).

Tabela 7. Parâmetros do modelo de GAB ajustado às isotermas de sorção dos filmes.

Amostra	Parâmetros do Modelo GAB			
	C	K	Xm (g H ₂ O/100 g matéria seca)	R ²
Controle	2,61	0,98	0,0578	>0,99
Nisina	1,22	0,96	0,0836	>0,99
BHA	1,84	0,96	0,0635	>0,99
BHA+Nisina	1,09	0,98	0,0775	>0,99

Xm = umidade na monocamada do material adsorvente, **C**= constante de Guggenheim, **K**= constante de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido.

O valor de monocamada indica a quantidade máxima de água que pode ser adsorvida na camada primária do material, por massa de matéria seca, ou seja, é uma medida do número de sítios de sorção de água na amostra (STRAUSS et al.,1991). De acordo com a Tabela 7, as formulações com nisina

apresentaram os maiores valores de monocamada (0,0836 e 0,0775 g H₂O/100 g matéria seca), enquanto a formulação controle apresentou menor valor (0,0578 H₂O/100 g matéria seca). A adição de nisina aos filmes provavelmente aumentou a quantidade de sítios ativos para a adsorção de água.

Bierhalz (2014) também observou o aumento do valor de X_m dos seus filmes antimicrobianos, adicionados de natamicina e atribuiu este fenômeno a mudança estrutural que a natamicina pode causar nos filmes.

Os valores encontrados para monocamada foram próximos dos valores de Costa (2008), a qual obteve valor de 0,073±0,004 H₂O/100 g matéria seca, para blenda de amido termoplástico e PBAT (70:30), e ligeiramente menor que de Brandelero (2010), a qual obteve valores de 0,090 e 0,092 H₂O/100 g matéria seca, para blendas de amido termoplástico e PBAT, nas proporções 65:30 e 80:30 respectivamente.

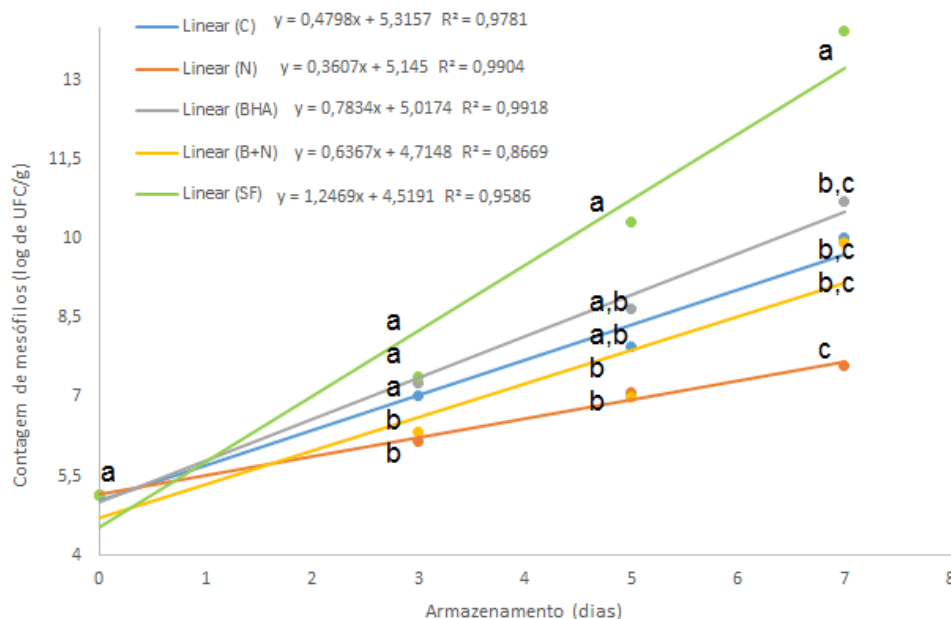
Desta forma, os valores da monocamada dos filmes produzidos neste experimento, sugerem a maior ocorrência de associações entre o amido e o PBAT, disponibilizando menos sítios de ligação para água (BRANDELERO, 2010).

5.2 ANÁLISES DA CARNE BOVINA MOÍDA

5.2.1 Contagem de mesófilos e determinação de pH e atividade de água

A contagem de microrganismos mesófilos da carne moída embaladas com os diferentes filmes ativos biodegradáveis ao longo do seu armazenamento se encontra na Figura 10.

Figura 10. Contagem de mesófilos da carne moída embalada em filmes ativos biodegradáveis.



a,b,c Médias com letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Filme controle (C); Filme com banho de nisina (N); Filme com BHA (BHA); Filme com banho de nisina e BHA (B+N); Sem filme (SF).

Os tratamentos apresentaram um aumento exponencial ao longo do armazenamento, entretanto os filmes contendo nisina, N e B+N, reduziram as contagens até o 3º dia de armazenamento, 6,19 log UFC/g e 6,33 log UFC/g respectivamente. No último dia de armazenamento, 7º dia, todos os tratamentos com filme (C, N, BHA e B+N) não se diferiram, entretanto o tratamento N apresentou menor contagem, assim como em todos os dias de armazenamento, 5,14 log UFC/g no tempo zero à 7,59 log UFC/g no sétimo dia.

O pH e a atividade de água das amostras de carne com filme (C, N, BHA e B+N) se mantiveram similares, pH em torno de 5,9 e a atividade de água em torno de 0,99 durante os sete dias de armazenamento.

A atuação da nisina não foi efetiva, já que após o terceiro dia de armazenamento as amostras com filme biodegradável não diferiram entre si. Segundo Melo, Soares e Gonçalves (2005) a nisina tem sua atividade reduzida pela gordura presente na carne bovina e em pH próximo da neutralidade, devido a redução da sua solubilidade (DELVES-BROUGHTON, 2005).

As amostras de carne do tratamento sem filme (SF) obtiveram os maiores valores de contagem de microrganismos em todos os dias de

armazenamento, porém no 7º dia sua contagem foi muito superior aos demais tratamentos, variando de 5,14 log UFC/g no tempo zero a 13,93 log UFC/g no sétimo dia.

Os valores de pH para as amostras de carne sem filme foram superiores e diferiram dos demais tratamentos, variando de 5,9 a 7,0. Entretanto os valores de atividade de água foram similares aos demais tratamentos, em torno de 0,99.

A legislação brasileira não estipula um valor máximo para contagem de mesófilos em carne, entretanto alguns estados brasileiros fixaram o valor máximo de 6 UFC/g. Desta forma, as amostras estariam impróprias para consumo a partir do terceiro dia de armazenamento, com exceção das amostras dos tratamentos N e B+N, as quais estariam impróprias para consumo no quinto dia de armazenamento.

Yang et al. (2016) constataram que suas amostras de carne acondicionadas em embalagem comum sob refrigeração a 4 °C estavam impróprias para consumo após 4 dias de armazenamento.

Karabagias et al. (2011) relataram que o aumento no pH da carne indica o início de sua deterioração devido a degradação de proteína para produzir aminoácidos livres, como NH₃ e aminas, alcalinizando o meio.

5.2.2 Perda de massa

A perda de massa das amostras de carne moída embaladas durante o período de armazenamento a 4 °C é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Taxas de perda de massa (%) para amostras de carne moída durante o armazenamento a 4 °C.

Tratamento	3 dias (%)	5 dias (%)	7 dias (%)
Controle	3,58±0,91 ^a	6,94±3,85 ^{a,b}	11,66±2,18 ^b
Nisina	3,33±0,33 ^a	9,92±3,46 ^{a,b}	13,33±1,87 ^b
BHA	6,58±1,49 ^a	8,23±0,40 ^{a,b}	12,97±1,56 ^b
BHA+N	3,64±2,57 ^a	12,95±1,61 ^a	14,98±1,32 ^b
Sem filme	2,49±0,79 ^a	3,36±1,13 ^b	5,71±1,44 ^a

Médias com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Resultados expressos em (média \pm desvio padrão).

As amostras embaladas com os filmes C, N, BHA e B+N apresentaram maiores taxas de perda de massa quando comparadas as amostras do tratamento SF. Este fenômeno se deve ao fato das amostras do tratamento SF estarem acondicionadas em embalagem diferente das demais, ou seja, em badeja de isopor envolta por filme de PVC, enquanto os outros tratamentos estavam em sacos de filme biodegradável.

Entretanto, os tratamentos com filme biodegradável (C, N, BHA e B+N) se comportaram de forma similar ao longo do armazenamento. No terceiro dia de armazenagem todas as amostras apresentaram perdas de massa próximas, variando de 2,49 a 3,64%, com exceção do tratamento BHA que apresentou 6,58%, porém não diferiram significativamente entre si.

Após o quinto dia de armazenamento, as amostras de carne dos tratamentos N e B+N apresentaram uma perda de massa ligeiramente maior, 9,92% e 12,95% respectivamente, atingindo valores de 13,33% e 14,98% respectivamente no sétimo dia. Os demais tratamentos, variaram de 5,71% a 12,97% no sétimo dia de armazenamento, entretanto, somente as amostras do tratamento SF se diferiram das demais.

Em relação as amostras envoltas por filmes biodegradáveis (C, N, BHA e B+N), no sétimo dia de armazenamento, as amostras dos tratamentos N e B+N atingiram as maiores taxas de perda de massa, enquanto o tratamento C, as menores, entretanto não foi encontrado um motivo para este comportamento.

5.2.3 Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS

O índice do ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi usado para medir a oxidação lipídica nas amostras de carne moída, no início do período de armazenamento e após 7 dias. A Tabela 9 apresenta os valores das médias de TBARS para amostras de carne através da análise.

Tabela 9. Valores de TBARS para amostras de carne moída armazenadas a 4 °C, no início e após 7 dias de armazenamento.

TRATAMENTO	TBARS (mg de malonaldeído/kg amostra)	
	Inicial 0 dia	Final 7 dias
Controle	0,039±0,008 ^{aB}	0,234±0,035 ^{aA}
Nisina	0,039±0,008 ^{aB}	0,261±0,023 ^{aA}
BHA	0,039±0,008 ^{aA}	0,074±0,016 ^{bA}
BHA+N	0,039±0,008 ^{aA}	0,056±0,004 ^{bA}
Sem filme	0,039±0,008 ^{aB}	0,224±0,018 ^{aA}

Médias com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Médias com letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

Em relação ao índice de TBARS, os tratamentos, C, N e SF, não foram eficazes no controle da oxidação lipídica das amostras de carne, diferindo dos valores iniciais e dos valores dos tratamentos BHA e B+N após os sete dias de armazenamento.

As amostras dos tratamentos BHA e B+N, apresentaram valores baixos de TBARS, os quais não se diferiram dos valores iniciais, e nem entre si, além de serem inferiores ao dos demais tratamentos. Desta forma, a adição de BHA ao filme foi eficiente frente à oxidação lipídica das amostras durante os sete dias de armazenamento a 4 °C.

Ramamoorthi et al. (2010) relataram valores de TBARS cinco vezes menores para suas amostras de carne bovina adicionadas de 150 ppm de BHA, quando comparadas ao controle, armazenadas a 4 °C durante sete dias.

Formanek et al. (2001), Lee et al. (2005) e Aksu e Kaya (2005) adicionaram BHA na carne, aumentando sua estabilidade lipídica. Atribuíram este fato ao BHA ser um antioxidante eliminador de radicais livres, o que lhes dá a capacidade de estabilizá-los e evitar a ocorrência de reações com os mesmos.

5.2.4 Cor

Para verificar as possíveis alterações de cor, foi analisado o parâmetro a^* , mostrado na Tabela 10.

Tabela 10. Parâmetro de cor a^* das amostras de carne moída em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 4 °C.

Tratamento	Parâmetro a^*			
	Tempo de armazenagem (dias)			
	0	3	5	7
Controle	22,80±0,05 ^a	22,95±0,09 ^a	25,27±0,25 ^a	25,35±1,50 ^a
Nisina	20,83±1,05 ^a	20,93±1,19 ^a	24,47±0,10 ^a	23,56±1,74 ^a
BHA	22,97±0,05 ^a	24,43±1,36 ^a	24,56±0,30 ^a	25,22±1,65 ^a
BHA+N	22,10±0,05 ^a	24,79±1,05 ^a	24,60±0,85 ^a	23,62±1,14 ^a
Sem filme	21,20±1,05 ^a	20,46±0,54 ^a	19,01±0,01 ^b	15,73±0,24 ^b

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

A cor das amostras, baseado no parâmetro a^* (Sistema CIE Lab), não diferiu até o terceiro dia de armazenagem. Porém, após o quinto dia as amostras do tratamento SF diferiu das demais, obtendo menor média para o parâmetro a^* .

Os menores valores encontrados para as amostras do tratamento SF no quinto e sétimo dia, indicam uma coloração menos avermelhada para a carne. Enquanto as amostras dos demais tratamentos mantiveram uma coloração vermelha mais intensa durante o armazenamento.

A carne quando armazenada em embalagens de alta permeabilidade ao oxigênio, favorece a formação da oximioglobina, melhorando a estabilidade da cor (GROBBEL et al., 2008).

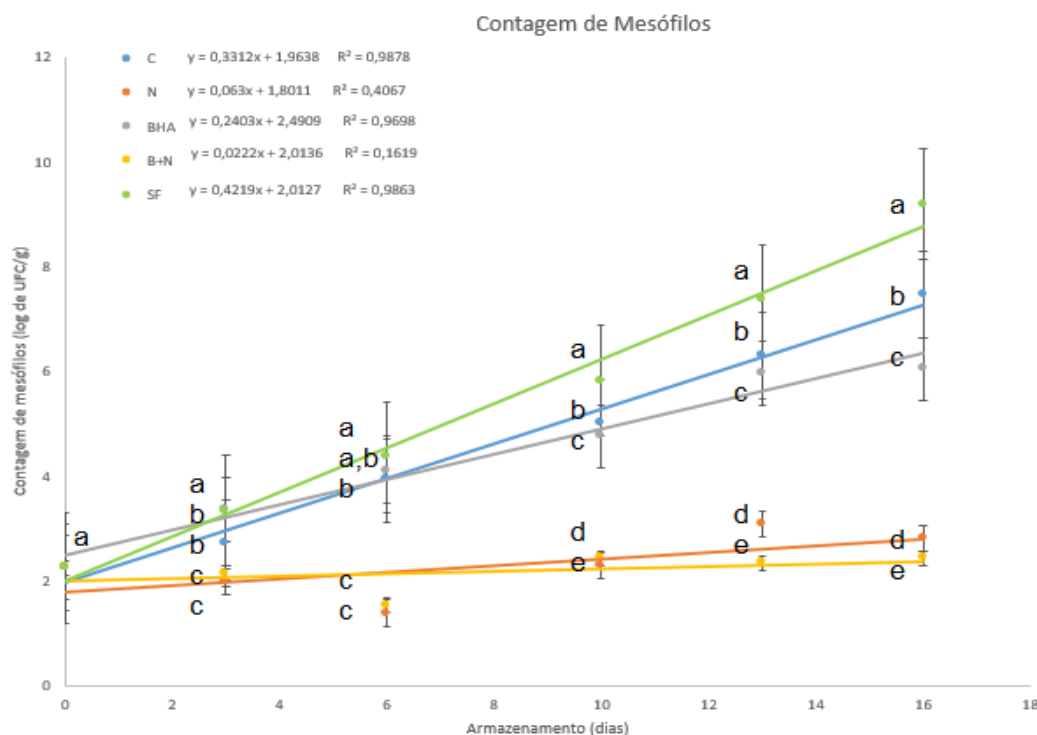
Mancini et al. (2011) acondicionaram amostras de carne bovina moída em embalagens de alta permeabilidade ao oxigênio, em PVC e a vácuo, e verificaram que as amostras da embalagem de alta permeabilidade ao oxigênio, foram responsáveis por manter a coloração vermelha da carne e conseqüentemente os valores de a^* , enquanto as amostras envoltas por PVC e a vácuo apresentaram uma coloração menos avermelhada, valores de a^* mais baixos.

5.3 ANÁLISES DO PRESUNTO

5.3.1 Contagem de mesófilos e determinação de pH e atividade de água

A contagem de microrganismos mesófilos nas fatias de presunto cozido embaladas com os diferentes filmes ativos biodegradáveis ao longo do seu armazenamento se encontra na Figura 11.

Figura 11. Contagem de mesófilos dos presuntos embalados em filmes ativos biodegradáveis.



a,b,c Médias com letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Filme controle (C); Filme com banho de nisina (N); Filme com BHA (BHA); Filme com banho de nisina e BHA (B+N); Sem filme (SF).

A contagem de mesófilos nos presuntos embalados com os filmes Controle (C) e contendo BHA (BHA) apresentaram aumento exponencial de mesófilos durante o armazenamento e seguiram uma cinética de primeira ordem. Os presuntos embalados com os filmes N e B+N apresentaram uma baixa contagem de mesófilos, que se mantiveram praticamente constante durante o armazenamento.

As fatias de presunto sem filme (tratamento SF) apresentaram as maiores contagens em todos os dias de análise, diferindo dos demais

tratamentos. Sua contagem variou de 2,26 log UFC/g, no tempo zero, a 9,18 log UFC/g, após 16 dias de armazenamento.

As fatias de presunto que foram embaladas com filmes que passaram pelo banho de nisina (tratamento N) e nisina + BHA (tratamento B+N) apresentaram as menores contagens durante o armazenamento, 2,82 e 2,43 log UFC/g, respectivamente após os 16 dias de armazenagem. As fatias de presunto destes tratamentos apresentaram contagens próximas à contagem inicial (2,26 log UFC/g), indicando a eficiência das embalagens contendo nisina para o controle de crescimento dos microrganismos aeróbios mesófilos. Entretanto, foi observada diferença entre os dois tratamentos, sendo o tratamento B+N mais eficiente na inibição dos microrganismos mesófilos, desta forma, o BHA pode ter contribuído para diminuir o crescimento de microrganismos. Porém, apesar da diferença significativa, a redução de contagens do tratamento B+N foi de 9% em relação as contagens do tratamento N.

A legislação brasileira não estabelece padrões para bactérias aeróbias mesófilas, entretanto, Menoncin et al. (2005) avaliaram amostras de presunto cozido com fibra de trigo e consideraram adequadas para consumo as amostras que apresentaram contagens de até 10^2 UFC/g. Desta forma, as amostras do tratamento N e B+N ficaram mais próximas deste valor durante todo o armazenamento, enquanto as amostras dos demais tratamentos já não próprias para consumo a partir do terceiro dia de armazenamento.

As fatias de presunto dos tratamentos C (controle) e B (BHA) apresentaram contagens mais baixas que as do tratamento SF e mais altas que as dos tratamentos N e B+N, sendo as do tratamento C com maior contagem entre os dois ($p > 0,05$).

Mauriello (2005), Resa et al. (2014) e Zehetmeyer (2016) avaliaram o uso de filmes antimicrobianos a base de nisina e observaram sua eficácia na proteção contra microrganismos patogênicos, como *Micrococcus luteus*, *Listeria innocua* e microrganismos gram positivos.

O pH das amostras de presunto com filme (C, N, BHA e B+N) se mantiveram similares, pH variou de 6,20 a 6,17 durante os 16 dias de armazenamento. Já para as amostras sem filme (SF), foram superiores e diferiram dos demais tratamentos, variando de 6,20 a 6,32.

Sabe-se que o crescimento de bactérias nos produtos altera diretamente suas características físico-químicas, influenciando no valor do pH do alimento. O maior valor do pH do tratamento SF, após os 16 dias de armazenagem, pode estar correlacionado com o maior crescimento de microrganismos (Figura 13) e conseqüentemente a sua atividade metabólica. Segundo Moreira (2012), a atividade metabólica dos microrganismos produz compostos alcalinos, os quais são responsáveis por elevar o pH.

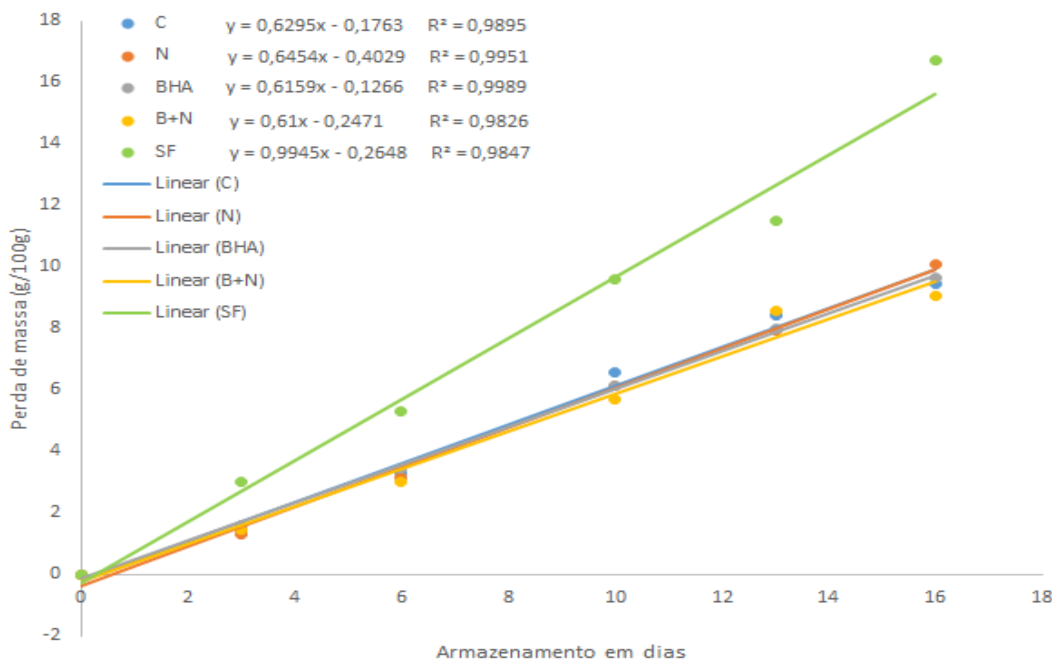
Bressan et al. (2007) também observou um ligeiro aumento dos valores de pH do presunto, acondicionado em atmosfera modificada, durante o armazenamento e atribuiu este fenômeno ao crescimento de microrganismos proteolíticos.

A atividade de água das amostras C, N, BHA e B+N apresentaram menores valores, variando de 0,970 a 0,933, durante os 16 dias de armazenagem, provavelmente devido à interação da água do alimento com a matriz polimérica do filme, que é hidrofílica. Enquanto as amostras do tratamento SF, obtiveram maiores valores, variando de 0,970 a 0,960, isto se deve ao fato da amostra não ter sido embalada com o filme biodegradável, desta forma, a água não foi absorvida pelo filme.

5.3.2 Perda de massa

A perda de massa das amostras de fatias de presunto apresentou um comportamento linear em função do tempo de armazenagem a 7 °C (Figura 12).

Figura 12. Perda de massa das fatias de presunto durante o armazenamento a 7 °C, em função da embalagem.



Filme controle (C); Filme com banho de nisina (N); Filme com BHA (BHA); Filme com banho de nisina e BHA (B+N); Sem filme (SF).

Houve influência da embalagem em relação à perda de massa do produto, já que os tratamentos que possuíam filme (C, N, BHA, B+N) apresentaram uma menor taxa de perda de massa, e similares entre si, quando comparados ao tratamento que não possuía filme (SF).

As fatias de presunto sem filme (SF) apresentaram taxas de perda de massa maiores em todos os dias de análise, quando comparado com os outros tratamentos, variando de 2,98%, no terceiro dia de armazenamento, até 16,73% após o 16° dia. Os demais tratamentos apresentaram valores próximos, onde o tratamento C variou de 1,44% a 9,44%, o tratamento N de 1,27% a 10,09%, o tratamento BHA de 1,59% a 9,64% e o tratamento B+N de 1,47% a 9,08%.

Isto se deve ao fato do tratamento SF possuir os maiores valores de atividade de água. Desta forma, quanto maior a atividade de água, maior o conteúdo de água do produto que pode ser perdido para ambiente, consequentemente maior a redução de massa do alimento.

Nos tratamentos que possuem filme, este fenômeno não é observado, devido à retenção do conteúdo de água do presunto na matriz polimérica do filme, assim a perda de massa é reduzida.

Pedroso e Demiate (2008) observaram uma redução de perda de água de presunto cozido de peru, após a adição de amido de mandioca em sua formulação. O mesmo efeito pode ter ocorrido no presente estudo, entretanto o amido do filme foi responsável por este fenômeno.

Porém, de acordo com Park et al. (2005) embalagens que possuem polissacarídeos como base não reduzem a taxa de perda de massa, devido à hidrofobicidade dos filmes, os mesmos não são barreira à perda de umidade, não reduzindo a perda de massa do produto. Entretanto, neste experimento, o filme foi uma barreira eficiente para prevenir a perda do conteúdo de água do presunto em relação ao tratamento que não possuía esta barreira (SF).

5.3.3 Determinação da oxidação lipídica pelo teste de TBARS

O índice do ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi usado para medir a oxidação lipídica nas amostras de presunto, no início do período de armazenamento e após 16 dias. A Tabela 11 apresenta os valores das médias de TBARS para amostras de presunto através da análise.

Tabela 11. Valores de TBARS para amostras de presunto armazenadas a 7 °C, no início e após 16 dias de armazenamento.

TRATAMENTO	TBARS (mg de malonaldeído/kg amostra)	
	Inicial 0 dia	Final 16 dias
Controle	0,073±0,013 ^{aA}	0,114±0,029 ^{aA}
Nisina	0,073±0,013 ^{aA}	0,115±0,009 ^{aA}
BHA	0,073±0,013 ^{aA}	0,094±0,001 ^{aA}
BHA+N	0,073±0,013 ^{aA}	0,099±0,023 ^{aA}
Sem filme	0,073±0,013 ^{aA}	0,075±0,004 ^{aA}

Médias com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Médias com letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

Para o índice de TBARS, não houve diferença entre os tratamentos no tempo zero e após os 16 dias de armazenamento, também não foi encontrada

diferença entre os tempos para o mesmo tratamento, ou seja, não houve diferença entre os tratamentos com antioxidante (BHA e B+N) dos demais (C, N e SF).

Mathias et al. (2010) também não observaram diferença significativa no índice de TBARS entre o 1° e o 15° dias de armazenagem de presunto de peru pressurizado.

Sureshkumar et al. (2010) observaram que amostras de salsichas tratadas com nisina (100 ppm) não diferiram significativamente das amostras controle (sem nisina), para substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, não havendo alteração significativa do processo de oxidação lipídica.

Entretanto, Chan et al. (2014) após adicionarem 200 ppm de BHA e BHT em carne de frango, constataram uma redução do valor de TBARS em relação ao controle (sem adição de antioxidantes), após um período de 12 dias de armazenamento.

Lin, Wang e Weng (2008) também verificaram uma redução do valor de TBARS em amostras de derivados de peixe, quando envoltas por uma cobertura com BHA, armazenadas a 4 °C durante 15 dias, quando comparadas as amostras sem cobertura e com cobertura, porém sem oxidante.

A divergência entre os resultados encontrados neste trabalho e nos trabalhos citados anteriormente, pode ser explicada pela diferença entre os produtos utilizados. Na formulação do presunto cozido ocorre a adição de outros antioxidantes, como o eritorbato de sódio e o ácido ascórbico, os quais controlaram a oxidação lipídica durante os de 16 dias de armazenamento, diferentemente dos trabalhos de Chan et al. (2014) e Lin, Wang e Weng (2008) que adicionaram BHA em produtos que não possuíam outros antioxidantes em sua formulação original.

5.3.4 Cor

Para verificar as possíveis alterações de cor, foram analisados os parâmetros L* e a*, mostrados na Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12. Luminosidade (L^*) das fatias de presunto em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 7 °C.

Tratamento	Luminosidade (L^*)				
	Tempo de armazenagem (dias)				
	3	6	10	13	16
Controle	67,12±2,27 ^a	65,01±0,35 ^a	65,41±0,28 ^a	64,21±0,26 ^a	64,01±0,04 ^b
Nisina	64,15±1,23 ^a	65,30±0,31 ^a	64,55±0,39 ^a	63,23±0,60 ^a	63,87±1,33 ^b
BHA	65,57±2,19 ^a	66,93±0,31 ^a	63,29±0,27 ^a	64,82±1,84 ^a	65,17±0,15 ^b
BHA+N	65,08±0,60 ^a	65,39±1,05 ^a	64,01±0,17 ^a	64,19±0,93 ^a	63,59±0,05 ^b
Sem filme	64,63±0,08 ^a	65,56±0,87 ^a	65,33±1,39 ^a	65,50±0,28 ^a	60,82±0,29 ^a

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

Tabela 13. Parâmetro de cor a^* das fatias de presunto em função do tipo de embalagem ao longo do armazenamento a 7 °C.

Tratamento	Parâmetro de cor a^*				
	Tempo de armazenagem (dias)				
	3	6	10	13	16
Controle	14,72±0,43 ^a	14,35±0,41 ^a	15,49±0,86 ^a	15,99±0,80 ^a	14,93±0,30 ^{a,b}
Nisina	14,37±0,73 ^a	14,73±0,59 ^a	15,02±0,12 ^a	15,35±0,50 ^a	15,20±0,68 ^{a,b}
BHA	14,05±0,48 ^a	14,35±0,69 ^a	14,94±0,08 ^a	15,25±0,39 ^a	15,67±0,26 ^{a,b}
BHA+N	14,13±0,25 ^a	13,58±1,46 ^a	15,47±0,44 ^a	14,49±0,06 ^a	16,26±0,18 ^a
Sem filme	13,66±0,35 ^a	13,20±0,35 ^a	14,84±0,21 ^a	14,40±0,53 ^a	14,45±0,53 ^b

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). Resultados expressos em (média ± desvio padrão).

Os diferentes tratamentos não provocaram alterações significativas ($p>0,05$) na coloração do presunto, em relação aos parâmetros L^* e a^* , durante 13 dias de armazenagem. Entretanto, houve diferença entre os tratamentos no 16° dia de armazenagem.

Em relação ao parâmetro L^* , somente o tratamento SF apresentou diferença em relação aos demais, no 16° dia. A amostra SF obteve menor média, indicando que o presunto estava mais escuro que as amostras dos demais tratamentos.

Ruiz-Navajas et al. (2015) avaliaram amostras de presunto cozido acondicionadas em embalagens de quitosana e óleos essenciais e verificaram uma redução do parâmetro L^* de 60,43 para 58,95 em amostras de presunto cozido sem revestimento, após 21 dias de armazenagem a 4 °C.

Fernández-López et al. (2000) relataram que o parâmetro L^* em produtos cárneos está relacionado com a água na superfície, a troca de vapor de água entre os produtos e o ambiente e as modificações dos diferentes estados dos hemopigmentos.

A coloração escura em produtos curados ocorre devido à desidratação superficial, promovendo a concentração dos pigmentos e alterando as propriedades ópticas das fibras musculares. Este problema pode ser corrigido através da utilização de filmes de embalagem com boa barreira ao vapor de água (FARIA et al., 2001). Apesar das embalagens utilizadas não possuírem ótimas propriedades de barreira ao vapor de água (Tabela 6), foram eficientes na manutenção do parâmetro L^* dos presuntos.

Os tratamentos BHA+N e SF diferenciaram entre si, no 16º dia de armazenamento em relação ao parâmetro a^* , indicando variação entre as colorações vermelho-verde. A amostra BHA+N apresentou a maior média deste parâmetro de cor, em relação à amostra SF, sugerindo que o presunto estava mais avermelhado no tratamento BHA+N. Entretanto, os tratamentos em questão não diferiram das amostras C, N e BHA.

A deterioração microbiológica de produtos cárneos curados afeta a cor, resultando em uma coloração mais fraca, podendo provocar o verdecimento do produto. A oxidação do pigmento nitrosohemocromo também pode ocasionar o amarelecimento e verdecimento do presunto, processo ocasionado pela presença de luz e oxigênio (FARIA et al., 2001). O tratamento BHA+N foi mais eficiente contra o crescimento microbiológico e continha um antioxidante em sua formulação, possuindo uma coloração vermelha mais forte que a amostra SF, a qual está mais susceptível à interferência destes fatores.

Moore et al. (2003) verificaram que a adição de BHA em filmes de polietileno aplicados em carne fresca, foi responsável por manter a coloração avermelhada da carne após 8 dias de armazenamento a 4 °C, quando comparado ao controle.

6. CONCLUSÕES

Os filmes biodegradáveis produzidos com amido, PBAT, glicerol, nisina e BHA apresentaram características satisfatórias para sua aplicação como

embalagem ativa antimicrobiana e antioxidante para carne moída e presunto cozido, apesar de sua grande hidrofiliçidade, manteve-se intacto durante todo o período de análise, 16 dias.

A nisina foi responsável por conter o crescimento dos microrganismos mesófilos nos produtos, sendo mais eficiente no presunto cozido.

O BHA preveniu a oxidação lipídica da carne bovina moída, enquanto no presunto não houve oxidação durante o período de armazenamento.

7. REFERÊNCIAS

ABRE. Embalagem e sustentabilidade: desafios e orientação no contexto da economia circular. 1 ed. São Paulo: CETESB, 2016.

ADEBAYO, A. B.; DAWSON-ANDOH, B.; GEORGE, B. P.; NKANSAH, K.; MEDLEY, C. Adsorption and desorption performance of two commercial wood plastic composites. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 9, p. 32–36, 2008.

AKSU, M. I.; KAYA, M. The effect of alpha-tocopherol and butylated hydroxyanisole on the colour properties and lipid oxidation of karvurma, a cooked meat product. **Meat Science**, v. 71, n.2, p. 277–283, 2005.

ALVES, V. D. **Produção e caracterização de biomateriais a partir de fibras naturais e amidos com polibutileno adipato co-tereftalato (PBAT)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2007.

ANDRADE-MOLINA, T.P.C. **Embalagem ativa biodegradável para massa alimentícia fresca**. 69 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

ARAÚJO, M. A. J. Química dos Alimentos: Teoria e Prática. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.

ARENAS, A. M. Z. **Filme biodegradável a base de fécula de mandioca como potencial indicador de mudança de pH**. 131 págs. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro. 2012.

AVÉROUS, L. Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. **Journal of Macromolecular Science Polymer**, v. 24, n.3, p. 231-274, 2004.

BASF. **Ficha de produtos: Ecoflex**. Disponível em: www.basf.com.br/ecoflex. Acesso em: 17 de agosto de 2016.

BASTARRACHEA, L.; SABLANI, S.; MAH, J. H.; KANG, D. H.; ZHANG, J.; TANG, J. Biodegradable Poly(butylene adipate-co-terephthalate) Films Incorporated with Nisin: Characterization and Effectiveness against *Listeria innocua*. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 4, 2010.

BIERHALZ, A. C. K. **Desenvolvimento de biofilmes de alginato impregnados com natamicina e aferição de seu potencial antimicótico**. 207 p. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2014.

BILCK, A.P. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis para cobertura de solo, ensacamento de frutos e sacos para mudas**. 128p. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2010.

BRAGA, L. R.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. **Ceppa**, v. 28, n. 1, p. 69-84, 2010.

BRANDELERO, R. P. H. **Filmes biodegradáveis de amido e poli (butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) adicionados de surfatante e óleo de soja**. 157 p. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria DETEN/MS nº 29, de 22 de janeiro de 1996. Diário Oficial da União, Poder, de 22 de jan. de 1996. Disponível em:<www.anvisa.gov.br>. Acesso em setembro de 2016.

BRASIL, Dados epidemiológicos – DTA, período de 2000 a 2011, UHA/CGDT/SVS/MS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS, Unidade Técnica de Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar – UHA, Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis – CGDT, Brasília. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/dados_dta_periodo_2000_2011_site.pdf>. Acesso em agosto de 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 20 de 21 de julho de 1999 republicada no D.O. nº 173 de 9 de setembro de 1999. Oficializa métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de carnes, produtos cárneos e seus ingredientes, sal e salmoura. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Métodos Analíticos para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes – LANARA. Brasília, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Presunto. Instrução normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 83, de 21 de novembro de 2003. Disponível em:

<<http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextualecodigo=4317>>. Acesso em: 01 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil. 2017.

BRESSAN, M. C.; LODI, F.; FERREIRA, M. W.; ANDRADE, P. L.; BOARI, C. A.; PICCOLI, R. H. Influência da embalagem na vida útil de presuntos fatiados. **Ciência Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 433-438, 2007.

CAMPAGNER, M. R.; MORIS, V. A. S.; PITOMBO, L. M.; CARMO, J. B.; PAIVA, J. M. F. Filmes poliméricos baseados em amido e lignossulfonatos: preparação, propriedades e avaliação da biodegradação. **Polímeros**, v. 24, n. 6, p.740-751, 2014.

CARMO, C. B. **Mapeamento tecnológico de polímeros furânicos a partir de biomassa**. 135 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Química, São Paulo. 2012.

CARVALHO, A. C. F. B.; CORTEZ, A. L. L.; SALOTTI, B. M.; BURGER, K. P.; VIDAL-MARTINS, A. M. C. Presença de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes em diferentes amostras de produtos avícolas. **Arq. Inst. Biol.**, v. 72, n. 3, p. 303-307, 2005.

CECCHI, H. M.; Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos. 2ª ed. Unicamp: Campinas, 2003.

CHAN, K. W.; KHONG, N. M. H.; IQBAL, S.; CH'NG, S. E.; YOUNAS, U.; BABJI, A. S. Cinnamon bark deodorised aqueous extract as potential natural antioxidant in meat emulsion system: a comparative study with synthetic and natural food antioxidants. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 11, p. 3269–3276, 2014.

COLES, R.; McDOWELL, D.; KIRWAN, M. J. **Food packaging technology**. Blackwell Publishing: 2003.

CONCEIÇÃO, F. V. E.; GONÇALVES, E. C. B. A. Qualidade físico-química de mortadelas e carnes moídas e conhecimento dos consumidores na conservação destes produtos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 283-290, 2009.

CORTEZ, A.L.L. **Indicadores de qualidade higiênico-sanitária em linguiça fresca comercializada no Município de Jaboticabal SP**. 42p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

COSTA, D. L. M. G. **Produção por extrusão de filmes de alto teor de amido termoplástico com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)**. 93 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2008.

CRIPPA, A. **Estudo do desempenho de filmes multicamadas em embalagens termoformadas.** 108p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

DELVES-BROUGHTON, J. Nisin as a food preservative. **Food Australia**, v. 57, n. 12, p. 525-527, 2005.

DING, Q. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n.3, p. 283-289, 2005.

FAI, A. E. C.; FIGUEIREDO, E. A. T.; VERDIN, S. E. F.; PINHEIRO, N. M. S.; BRAGA, R. C.; STAMFORD, T. L. M. *Salmonella* sp. e *Listeria monocytogenes* em presunto suino comercializado em supermercados de Fortaleza (CE, Brasil): fator de risco para a saúde pública. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.16, n.2, p. 657-662, 2011.

FARIA, J. A. F., FELÍCIO, P. E., NEVES, M. A., ROMANO, M. A. Formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados - Revisão. **TeC Carnes**, v.3, n.2, p.16-22, 2001.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema.** 4º Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; ARANDA-CATALÁ, V. Effect of mincing degree on color properties in pork meat. **Research and Application**, v. 25, n.5, p. 376–380, 2000.

FERREIRA, M. G. A. B.; CARVALHO SOBRINHO, A. J. Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Carnes Bovinas Moídas e Suínas (Pernil) “In Natura” e/ou refrigerada em Supermercados, Frigoríficos e Feiras Livres do Município de São Luís, MA. **Higiene Alimentar**, v.17, n. 104/105, p.87-93, 2003.

FERREIRA, M. P. F. **Embalagens ativas para alimentos: Caracterização e propriedades.** 138 p. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

FORMANEK, Z.; KERRY, J. P.; HIGGINS, F. M.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; FARKAS, J. Addition of synthetic and natural antioxidants to alpha-tocopherol acetate supplemented beef patties: effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation. **Meat Science**, v. 58, n.4, p. 337–341, 2001.

FUKUSHIMA, K.; WU, M. H.; BOCCHINI, S.; RASYIDA, A.; YANG, M. C. PBAT based nanocomposites for medical and industrial applications. **Materials Science and Engineering**. v. 32, n.6, p. 1331-1351, 2012.

GONÇALVES, M. F. V. **Tratamento térmico dos amidos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) e de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*.) sob baixa umidade em microondas.** 92 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

GROBBEL, J. P.; DIKEMAN, M. E.; HUNT, M. C.; MILLIKEN, G. A. Effects of packaging atmospheres on beef instrumental tenderness, fresh color stability, and internal cooked color. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 5, p. 1191-1199, 2008.

GUERRINI, L.M.; PAULIN, P.I.; BRETAS, R.E.S. Correlação entre as propriedades reológicas, óticas e a morfologia de filmes soprados de LLDPE/LDPE. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.14, n.1, p.38-45, 2004.

GUIMARÃES, L. P. C. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos na produção de madeira plástica por meio da utilização de materiais reciclados**. 125 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

HAN, J. H. Antimicrobial packaging systems. **Innovations in food packaging**. Baltimore. p. 80-107, 2005.

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**, v. 28, n. 1, p. 231-240, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985.

JAMSHIDIAN, M.; TEHRANY, E. A.; CLEYMAND, F.; LECONTE, S.; FALHER, T.; DESOBRY, S. Effects of synthetic phenolic antioxidants on physical, structural, mechanical and barrier properties of poly lactic acid film. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p. 1763–1773, 2012.

JENSEN, S. **Emulsificantes com diferentes EHL (equilíbrio hidrofílico-lipofílico) em filmes de amido de mandioca**. 94 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2007.

JOFRÉ, A.; GARRIGA, M.; AYMERICH, T. Inhibition of *Salmonella* sp. *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in cooked ham by combining antimicrobials, high hydrostatic pressure and refrigeration. **Meat Science**. Spain, v. 78, n. 2, p. 53-59, 2008.

JOOYANDEH, H. Whey protein films and coatings: A review. **Pakistan journal of nutrition**, v. 10, n. 3, p. 296-301, 2011.

KARABAGIAS, I.; BADEKA, A.; KONTOMINAS, M. G. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 109–116, 2011.

KERRY, J. P.; GRADY, M. N.; HOGAN, S. A. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat Science**, v. 74, n.1, p. 113-130, 2006.

LEE, S.; DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; MANCINI, R. A. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in *n*-3 oil fortified ground beef patties. **Meat Science**, v. 70, n.4, p. 683–692, 2005.

LIN, L. S.; WANG, B. J. WENG, Y. M. Preservation of commercial fish ball quality with edible antioxidant-incorporated zein coatings. **Journal of food processing and preservation**, v. 33, n. 5, p. 605 -617, 2009.

LIU, H.; XIE, F.; YU, L.; CHEN, L.; LI, L. Thermal processing of starch-based polymers. **Progress in Polymer Science**, v. 34, n.12, p. 1348-1368, 2009.

LUZ, J. R. D.; ARAÚJO, J. H. L.; BATISTA, D.; SILVA, T. C.; ARAÚJO, L. B. A.; CARVALHO, C. T. Qualidade microbiológica da carne moída comercializada em Natal, Rio Grande do Norte. **Nutrivisa**, v. 2, n. 2, p. 86-90, 2015.

MAGRINI, A.; PINTO, J. C.; MELO, K. C.; CASTOR JR. C. A.; GAIOTO, C. C. Impactos ambientais causados pelos plásticos: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos. **E-papers**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 20-35, 2012.

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

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n.3, p. 283 – 289, 2005.

MANCINI, R. A.; RAMANATHAN, R.; SUMAN, S. P.; DADY, G.; JOSEPH, P. Effects of succinate on ground beef color and premature browning. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 189-194, 2011.

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes**. São Paulo: Artliber, 2005.

MANSON, J. A. **Polymer Blends and Composites**. Springer Science & Business Media, 2012.

MARCHES, C. M.; CICHOSKI, A. J.; ZANOELO, E. F.; DARIVA, C. Influência das condições de armazenamento sobre os pigmentos cárneos e a cor do salame italiano fatiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p. 697-704, 2006.

MARCHI, P. G. R. **Estudo comparativo do estado de conservação de carne moída através de métodos microbiológicos e físico-químicos**. 90 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

MARENCO, V.A.; VERCELHEZE, A.E.S.; MALI, S. Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria. **Química Nova**, v.36, n.5, p. 680-685, 2013.

MATHIAS, S. P.; ROSENTHAL, A.; GASPAR, A.; DELIZA, R.; SLOGO, A. P.; VICENTE, J.; MASSON, L. M.; BARBOSA, C. Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, n. 4, 852-857, 2010.

MAURIELLO, G.; DE LUCA, E.; LA STORIA, A.; VILLANI, F.; ERCOLINI, D. Antimicrobial activity of a nisin-activated plastic film for food packaging. **Lett. Appl. Microb.** v. 41, n. 6, p. 464, 2005.

MELO, N. R.; SOARES, N. F. F.; GONÇALVES, M. P. J. Nisina: um conservante natural para alimentos. **Ceres**, v. 52, n. 303, p. 921-938, 2005.

MELO, N. R.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; LIMA, D. V. Avaliação da eficiência de filme antimicrobiano incorporado com nisina sobre o crescimento de *Staphylococcus sp.* **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 1, p. 91-95, 2006.

MENONCIN, S. et al. Avaliação da flora microbiana presente no presunto cozido com fibra de trigo. **Higi. Alim.**, v. 19, p. 77-80, 2005.

MOORE, M. E.; HAN, I. Y.; ACTON, J. C.; OGALE, A. A.; BARMORE, C. R.; DAWSON, P. L. Effects of Antioxidants in Polyethylene Film on Fresh Beef Color. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 1, p. 99-104, 2003.

MOREIRA, P. B. **Validade comercial de presunto de peru fatiado e embalado em atmosfera modificada**. 53 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MÜLLER; C.M.O., YAMASHITA, F; LAURINDO, J.B. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, v.72, n.1, p.82-87, 2008.

MULLER, R. J; WITT, U; RANTZE, E; DECKWER, W. D. Architecture of biodegradable copolyesters containing aromatic constituents. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59. n. 1-3, p. 203-208, 1998.

NASCIMENTO, M. S.; MORENO, I.; KUAYE, A. Y. Bacteriocinas em alimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 11, n. 2, p. 120-127, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M.; LEHNINGER, A. L. **Princípio de bioquímica**. Traduzido por SIMÕES, A. A.; LODE, W. R. N. São Paulo: SARVIER, 5. ed., 839p., 2011.

NETO, H. H. P.; RANGEL, S. A.; CORREA SOBRINHA, M.A.; DELATORRE, A. B.; AGUIAR, C. F.; RODRIGUES, P. M. Sacolas plásticas: consumo inconsciente. **Perspectivas Online: Biológicas e Saúde**. Campos dos Goytacazes, v. 3, n. 1; p. 50-70; 2011.

NOSSA, T. S. **Novas composições poliméricas obtidas a partir da modificação do amido via extrusão reativa**. 2014. 181 p. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. In: Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. 236 p., 2006.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2006.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**: tecnologia da sua obtenção e transformação. Goiânia: Universidade de Goiás, v. 1, 586 p. 2001.

PARK, S.I.; STAN, S.D.; DAESCHEL, M.A.; ZHAO, Y. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) to control mold growth during cold storage. **Journal of Food Science**, v.70, n.4, p.202–207, 2005.

PASSONE, M. A.; RESNIK, S.; ETCHEVERRY, M. G. Potential use of phenolic antioxidants on peanut to control growth and aflatoxin B1 accumulation by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 11, p. 2121–2130, 2007.

PEDROSO, R. A.; DEMIATE, I. M. Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 24-31, 2008.

RACCACH, M. The antimicrobial activity of phenolic antioxidants in foods: a review. **Journal of Food Safety**, v. 6, n. 3, p. 141-170, 1984.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RAMAMOORTHY, L.; TOSHKOV, S.; STETZER, A. TUCKER, E. V. E.; BREWER, M. S. Effects of antioxidants on irradiated beef color. **Journal of Food Quality**, v. 33, n. 3, p. 283–298, 2010.

RAMOS, M.; JIMÉNEZ, A.; PELTZER, M.; GARRIGÓS, M. C.; Characterization and antimicrobial activity studies of polypropylene films with carvacrol and thymol for active packaging. **Journal of Food and Engineering**, v. 109, n. 3, p. 513-519, 2012.

REDA, S. Y. Evaluation of antioxidants stability by thermal analysis and its protective effect in heated edible vegetable oil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 475-480, 2011.

RESA, C. P.; JAGUS, R. J.; GERSCHENSON, L. N. Effect of natamycin, nisin and glycerol on the physicochemical properties, roughness and hydrophobicity of tapioca starch edible films. **Materials Science and Engineering**, v. 40, p. 281-287, 2014.

ROSA, D. S.; GUEDES, C. G. F.; PEDROSO, A. G.; CALIL, M. R. The influence of starch gelatinization on the rheological, thermal, and morphological properties of poly(ϵ -caprolactone) with corn starch blends. **Materials Science and Engineering**, Lausanne, v. 24, p. 663-670, 2004.

RUIZ-NAVAJAS, R.; VIUDA-MARTOS, M.; BARBER, X.; SENDRA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effect of chitosan edible films added with *Thymus moroderi* and *Thymus piperella* essential oil on shelf-life of cooked cured ham. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6493–6501, 2015.

SAKANAKA, L.S. **Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e polibutileno succinato co-adipato (PBSA)**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

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**. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.

SCAFFARO, R.; BOTTA, L.; MARINEO, S.; PUGLIA, A. M. Incorporation of Nisin in Poly(Ethylene-Co-Vinyl Acetate) Films by melt processing: A study on the antimicrobial properties. **Journal of Food Protect**, v. 74, n. 7, p. 1137-1143, 2011.

SCHULZ, D.; PEREIRA, M. A.; BONELLI, R. R.; NUNES, M. M.; BATISTA, C. R. V. Bacteriocinas: mecanismo de ação e uso na conservação de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v.14, n.2, p. 229-235, 2003.

SERIO, J; MUNIZ, C. R.; FREITAS, C. A. S. LIMA, J. R.; SOUZA NETO, J. A. Avaliação microbiológica e microscópica de presuntos fatiados refrigerados. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p. 135-139, 2009.

SHELEF, L. A.; LIANG, P. Antibacterial Effects of Butylated Hydroxyanisole (BHA) against *Bacillus* species. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 3, p. 796-799, 1982.

SHIMOKOMAKI, M., OLIVO, R. Suplementação de Vitamina E melhora a qualidade de carnes e derivados. In: **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**, 2006.

SHIRAHIGUE, L. D. **Caracterização química de extratos de semente e casca de uva e seus efeitos antioxidante sobre carne de frango processada e armazenada sob refrigeração**. 2008. 94 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

SHI, X. Q.; ITO, H.; KIKUTANI, T. Characterization on mixed-crystal structure and properties of poly (butylene adipate-co-terephthalate) biodegradable fibers. **Polymer**, London, v. 46, n. 25, p.442–450, 2005.

SILVA, D. F.; LUNA, C. B. B.; ARAÚJO, E. M.; SILVA, A. L. Blendas poliméricas: conceitos, obtenção e aplicações. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 58-77, 2016.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Logomarca Varela, 2007.

SOARES, N. F. F. et al. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. **Ceres**, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOBRAL, P. J. do A.; OCUNO, D. Permeabilidade ao vapor de água de biofilmes à base de proteínas miofibrilares de carne. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 3, n. 3, p. 11-16, 2000.

SLONGO, A. P. **Uso de alta pressão hidrostática em presunto fatiado: avaliação físico-química e sensorial e modelagem do crescimento microbiano**. 173 p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

STRAUSS, U. P., PORCJA, R. J.; CHEN, Y. Volume effects of starch water interactions. **Water Relationships in Foods**. Plenum Press, New York, p. 351-364, 1991.

SUPPAKUL.P.; MILTZ, J.; SONNEVELD, K.; BIGGER, S.W. Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. **Journal of Food Science**, v.68, n.2, p.408-420, 2003.

SURESHKUMAR, S.; KALAIKANNAN, A.; DUSHYANTHAN, K.; VENKATARA, M. V. Effect of nisin and butylatedhydroxy anisole on storage stability of buffalo meat sausage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 3, p. 358-363, 2010.

TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A.M.; DUNGAN JUN, L.R. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods II. Formation of the tba-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.15, n. 9, p.602-607, 1964.

THUNWALL, M; BOLDIZAR, A; RIGDAHL, M. Extrusion processing of high amylose potato starch materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 65, n.4, p. 441-446, 2006.

VAN DEN EINDE, R. M.; AKKERMANS, C.; VAN DER GOOT, A. J.; BOOM, R. M. Molecular breakdown of corn starch by thermal and mechanical effects. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, n. 4, p. 415-422, 2004.

VANDEPUTTE, G. E; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n.3, p. 245-266, 2004.

VERCAMMEN, A.; VANOIRBEEK, K. G. A.; LURQUIN, I.; STEEN, L. GOEMAERE, O.; SZCZEPANIAK, S.; PAELINCK, H.; HENDRICKX, M. E. G.; MICHIELS, C. W. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 12, n. 4, p. 407-415, 2011.

VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; VAN BEES, T. M.; DEVEBERE, J. Developments in the active packaging of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 3, p.77-86, 1999.

VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEVEBERE, J. Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. **Food Additives and Contaminants**, v. 19, n. 1, p. 163-171, 2002.

WANG, Y.; PÁDUA, G. W. Tensile properties of extruded zein sheets and extrusion blow films. **Macromolecular Material and Engineering**, v. 288, n. 11, p. 886-893, 2003.

WITT, U.; EINIG, T.; YAMAMOTO, M.; KLEEBERG, I.; DECKWER, W.D.; MÜLLER, R.J. Biodegradation of aliphatic-aromatic copolyesters: evaluation of the final biodegradability and ecotoxicological impact of degradation intermediates. **Chemosphere**, v.44, n.2, p. 289-299, 2001.

WITTAYA, T. Influence of type and concentration of plasticizers on the properties of edible film from mung bean proteins. **Kmitl Science and Technology Journal**, v.13, n.1, p. 51- 58, 2013.

YANG, X.; WOERNER, D. R; HASTY, J.D.; MCCULLOUGH, K. R.; GEORNARAS I.; SOFOS, J. N.; BELK, K. E. **An evaluation of the effectiveness of FreshCase technology to extend the storage life of whole muscle beef and ground beef**. *Animal Science*, v. 94, n.11, p. 4911-920, 2016.

ZEHETMEYER, G. **Desenvolvimento e caracterização de embalagens ativas compostas de pbat com incorporação de nisina**. 200 p. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016.

ZHONG, Q. P.; XIA, W. S. Physicochemical Properties of Edible and Preservative Films from Chitosan/Cassava Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. **Food Technology and Biotechnology**., v. 46, n. 3, p. 262–269, 2008.