



REINALDO FRANCISCO RODRIGUES JUNIOR

Embalagem ativa com vitamina E para produtos cárneos.

LAVRAS - MG 2021

REINALDO FRANCISCO RODRIGUES JUNIOR

Embalagem ativa com vitamina E para produtos cárneos

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alcinéia Ramos

Orientador

LAVRAS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todos momentos proporcionados durante esses 5 anos, por todas realizações e por todas dificuldades vencidas.

Pelo meus pais, Reinaldo e Rita, por todo incentivo e por todo apoio, onde fizeram do meu sonho, uma meta de vida.

Pela minha irmã, Maria Fernanda, que sempre acreditou em mim, mesmo quando eu já me dava por abatido. Esta conquista também é sua.

Pelos meus avós, João, Dirce e Vita, que sempre estiveram comigo, auxiliando nos conselhos, nas orações.

Por todos meus amigos, que de alguma forma, sempre estiveram ao meu lado, incentivando e motivando durante esta etapa.

RESUMO

Quando se fala em produtos cárneos, oxidação lipídica é um dos maiores problemas, justamente por conta da fragilidade dos produtos possuem quando entram em contato com oxigênio e é neste momento que a embalagem ativa entra, pois através ela, podemos assegurar a qualidade e segurança dos alimentos. A partir disso, o objetivo é desenvolver uma embalagem ativa, adicionando vitamina E na sua formulação, atuando como antioxidante natural.

O desenvolvimento da embalagem será a partir de uma embalagem celulósica (goma, gelatina, celulose), justamente pela preocupação com a sustentabilidade, desenvolvendo uma embalagem com uma pegada ecológica e agregando valores ao produto e assim, inovando com uma embalagem ativa com vitamina E para produtos cárneos e com menor agressão ao meio ambiente.

ABSTRACT

When talking about meat products, lipid oxidation is one of the biggest problems, precisely because of the fragility of the products they have when they come into contact with oxygen and it is at this moment that the active packaging enters, because through it, we can ensure the quality and safety of food. From this, the goal is to develop an active packaging, adding vitamin E in its formulation, acting as a natural antioxidant.

The development of the packaging will be from a cellulosic package (gum, gelatin, cellulose), precisely out of concern for sustainability, developing a packaging with an ecological footprint and adding values to the product and thus innovating with an active packaging with vitamin E for meat products and with less aggression to the environment.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Qualidade da carne bovina	9
2.2. Oxidação lipídica em produtos cárneos.....	10
2.3. Auto-oxidação	12
2.4. Foto-oxidação.....	13
2.5. Antioxidante.....	14
2.6. Antioxidantes naturais	15
2.7. Embalagem ativa antioxidante.....	16
2.8. Vitamina E	18
2.9. Embalagem celulósica	20
2.10. Gelatina	21
3. Vitamina E	23
4. Elaboração da embalagem ativa	24
5. Aplicação do produto cárneo	25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
7. REFERENCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

Os produtos derivados da carne são obtidos a partir de carne fresca que passa por um ou mais processos, tais como cozimento, salga, defumação ou mesmo somente a adição de condimentos e temperos. O processamento da carne visa a elaboração de novos produtos, a redução da perecibilidade, de problemas com o transporte e com o armazenamento, além de vantagens com relação ao aumento da vida de prateleira.

Contudo, um dos principais problemas para produtos cárneos é justamente a oxidação, que leva o produto a deterioração, causando perdas e riscos à saúde do consumidor. Assim, o uso de aditivos e o uso de embalagens, é ideal para retardar este processo.

Os antioxidantes são substâncias que doam radicais de hidrogênio para combinarem com os radicais disponíveis e livres, ocasionando assim a paralisação ou retardamento da oxidação, aumentando a segurança do alimento. Fatores intrínsecos da carne colaboram para não oxidação, mas são perdidos após o abate, exigindo assim, o uso de antioxidantes na elaboração de produtos cárneos.

Embalagem ativa é aquela que atua diretamente ao produto, possuindo agentes aditivos, realizando uma interação com o produto, de uma forma benéfica, prologando a vida útil do produto, protegendo e preservando as propriedades sensoriais (aroma, sabor, cor, textura), acarretando também em um produto mais seguro para o consumidor. A embalagem ativa atua em diversos métodos, como atmosfera modificada, absorção de CO₂, sistemas enzimáticos, químicos e fotoquímicos, redução de nível de umidade e entre outros. Os filmes (antioxidantes, antimicrobianos) empregados a embalagem ativa são uma inovação dentro do conceito de embalagem ativa, e têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos na superfície dos alimentos, quando em contato com produtos acondicionados.

Do ponto de vista de segurança do alimento, as substâncias antimicrobianas usadas no desenvolvimento das embalagens ativas devem ser aprovadas para contato com alimentos, ou seja, devem ser substâncias Gras

(geralmente reconhecidas como seguras). Os antimicrobianos devem ser inseridos às embalagens, de tal forma que a concentração liberada para o alimento seja a permitida pelas normas vigentes.

O objetivo da pesquisa é revisar sobre o uso de embalagem ativa para produtos cárneos, dando enfoque ao uso de antioxidantes, em especial a vitamina E.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade da carne bovina

As propriedades sensoriais e físicas químicas são aspectos cruciais para escolha do produto, desde sua aparência, odor e coloração do alimento. No caso de produtos cárneos, a coloração está associada na mudança de oximioglobina para metamioglobina.

A oxidação dos ácidos graxos, contribui para formação de sabores desagradáveis, conhecido como off-flavors, ocasionada pela oxidação lipídica que ocorre nos fosfolipídios e triglicerídios, influenciando diretamente na qualidade da carne (FAUSTMAN et al., 2010).

A coloração é um problema para varejistas, pois não é bem vista para consumidores, levando a pensar que é uma carne estocada de forma inadequada. A adição de aditivos e antioxidantes também não é vista com bons olhos, levando assim, uso de alternativas mais apropriadas, como por exemplo, embalagem ativa (ATAY et al., 2009).

Figura 1 – Comparação entre um alimento fresco e um alimento que sofreu oxidação.



Fonte: Bekhit et al., 2019

2.2. Oxidação lipídica em produtos cárneos

Principal causa de perda de qualidade em produtos cárneos é causado pela oxidação lipídica, onde logo depois da oxidação, vem a deterioração microbiana. (GRAY et. al.,1996)

Os alimentos cárneos apresentam riqueza em umidade, proteínas, gorduras, inúmeros nutrientes. Toda essa rica composição faz com que o alimento fica apto a sofrer alterações, tanto físicas quanto químicas. Um fato é certo, a oxidação dos lipídeos se inicia nas ligações saturadas presentes nos ácidos graxos, e a partir disso, pode-se classificar essas reações em duas categorias: a primeira ocorre em gorduras que apresentam gorduras altamente insaturadas, ocasionando em formação de produtos poliméricos e a segunda e a oxidação que age moderadamente em gorduras insaturadas, aparecendo o ranço nos alimentos (CASTRO et. al., 2003).

Quando ocorre oxidação, são produzidos odores, por conta da decomposição, e também aparecimento de compostos voláteis, por conta da destruição dos constituintes essenciais, diminuindo o valor nutricional do alimento (YANG et al., 2002).

O mecanismo da oxidação lipídica é ocasionado por uma reação em cadeia, tendo o início, propagação e o término do processo. A oxidação se inicia na formação dos radicais livres. O mecanismo de formação do primeiro radical não foi ao certo comprovado, mas estipula-se que seja através da decomposição de hidroperóxidos, justamente causada pela presença de oxigênio, agindo como catalisador, sendo luz visível, radiação, temperatura, irradiação e metais (GORDON. M. H., 1990; ARAUJO, 1995).

Uma hipótese que é levada em consideração é que o radical hidroxila é o radical livre mais importante no processo inicial da oxidação, uma vez que ele pode cancelar a ação de um átomo de hidrogênio do ácido graxo insaturado, além de que o maior alvo deste radical, seja lipídeos presentes na membrana do DNA.

Os lipídeos, substâncias quimicamente instáveis, são encontradas como triacilglicerol, tecido adiposo e como hormônios, no qual definem cor, perda de água e desenvolvimento de ranço. Quando esta substância instável se oxida, resulta em odor rançoso, sabor indesejável, diminuição da vida útil do produto, diminuição do valor nutritivo e acúmulo de substâncias tóxicas que são

prejudiciais à saúde (MAPIYE *et al.*, 2012; FALOWO; FAYEMI e VOSTER, 2014).

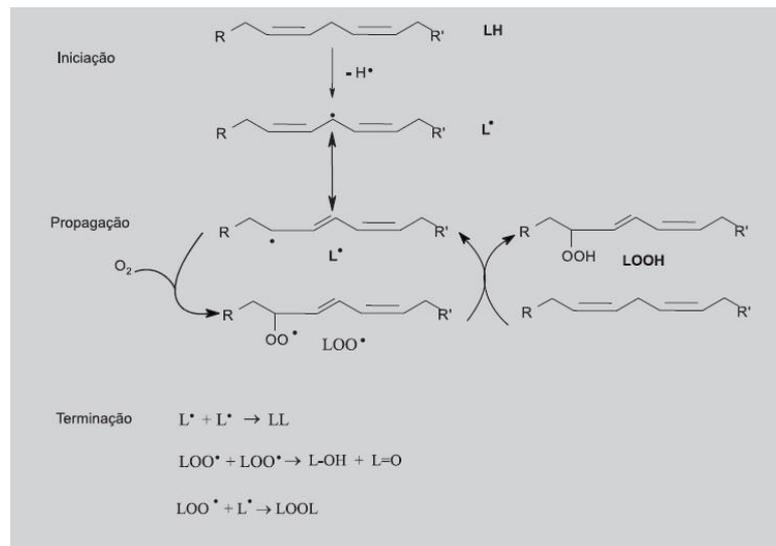
Outra consequência, é a rancidez oxidativa, que se inicia pelo ataque de oxigênio nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados dos lipídeos. Neste caso, o oxigênio pode eliminar ou receber elétrons, causando uma desordem eletrônica, transformando o oxigênio em radical livre com alta reatividade química. Neste momento entra os catalisadores para favorecer o processo, onde os de maiores importância são os de +2 na sua última camada de valência (CONEGLIAN *et al.*, 2011).

A fotoxidação é outro mecanismo proposto para a degradação oxidativa, tendo em vista que a reação direta dos substratos lipídicos com o oxigênio atmosférico é termodinamicamente improvável de acontecer (Gordon, 1990). A reação é promovida essencialmente pela radiação UV em presença de sensibilizadores, envolvendo a participação do oxigênio singlete como intermediário reativo (Nawar, 1996).

Tipicamente, os processos oxidativos levam à degradação de lipídios e proteínas (incluindo os pigmentos) e são um dos principais mecanismos de deterioração da qualidade em carnes e produtos derivados. Eles causam perda de sabor, cor, valor nutritivo e limitam a vida de prateleira de carnes e produtos derivados (LIU *et al.*, 2010).

A formação de metamioglobina a partir da oximioglobina é causada pela oxidação do átomo ferro do seu estado ferroso (Fe^{2+}) para o estado férrico (Fe^{3+}) (MOORE *et al.*, 2003). Além disso, esta reação geralmente ocorre em paralelo a de rancificação causado por degradação (por hidrólise, oxidação ou ambas) da gordura (NERÍN *et al.*, 2006).

Figura 4 – Oxidação lipídica



Fonte: RIBEIRO e SERAVALLI, 2007

Estudos tem demonstrado que a oxidação lipídica em carne pode causar oxidação do oximioglobina e que antioxidantes solúveis em lipídios poderiam desta forma estabilizar a cor por este mecanismo, inibindo a formação da metamioglobina (GORELIK; KANNER, 2001).

2.3. Auto-oxidação

A auto-oxidação é um mecanismo autocatalítico que envolve a participação de radicais livres, ocorrendo em três etapas básicas (MISTRY; MIN, 1992):



- Indução: Quebra de ligações covalentes de ácidos graxos (RH), e resultante formação de radicais livres (R), compostos altamente

instáveis e reativos, contendo um elétron desemparelhado. A indução é promovida pelos chamados iniciadores, como calor, luz ou metais de transição com dois ou mais números de oxidação, como Cu (cobre) e Fe (ferro) (MISTRY; MIN, 1992).

- Propagação: Reações entre radicais R e oxigênio (O₂), com formação de radicais peróxido (ROO), que sequestram átomos de hidrogênio vizinhos a insaturações de outras moléculas, produzindo hidroperóxidos (ROOH) e novos radicais R, que por sua vez reagem com O₂, e, assim, se estabelece uma sequência de reações em cadeia (MISTRY; MIN, 1992).
- Terminação: Reações de adição dos radicais livres entre si, com formação de compostos não radicais, estáveis (MISTRY; MIN, 1992).

Os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação de lipídios, são rapidamente degradados, e os produtos voláteis de sua degradação (produtos secundários da oxidação), como aldeídos, cetonas e álcoois, são os responsáveis pelo desenvolvimento da rancidez oxidativa (NAWAR, 1985). Muitos desses produtos, especialmente os de cadeia curta, têm limiares de percepção muito baixos, tornando o produto inaceitável, mesmo em baixíssimas concentrações. Por exemplo, o hexanal é perceptível em óleos, num nível de apenas 150 µg/kg em óleo e 4,5 µg/kg em água (SHAHIDI; PEGG, 1994).

2.4. Foto-oxidação

A foto-oxidação é um mecanismo que envolve a adição direta de O (oxigênio) em seu estado singlete, altamente reativo, à molécula lipídica. Não envolve a participação de radicais livres. Requer a presença de O₂, luz e compostos fotossensibilizadores, que são substâncias cromóforas, como clorofila e compostos heme, os quais absorvem intensamente na região do visível ou UV próximo (WONG, 1989). A molécula de O₂ pode existir no estado fundamental, no triplete (³O₂), ou no estado singlete (1 O₂).

O estado triplete tem dois elétrons desemparelhados com spins paralelos. Em presença de luz, os fotossensibilizadores absorvem energia radiante e a

transferem para o estado triplete, convertendo-o em singlete, que por ter um orbital desocupado, é muito eletrofílico, tendo alta afinidade por regiões de alta densidade eletrônica, como ligações duplas entre carbonos.

Segundo Wong (1989), o 1 O_2 é cerca de 1.500 vezes mais reativo que o $^3\text{O}_2$ com ligações C=C. A foto-oxidação ocorre a partir de uma reação ene. Esse processo consiste na adição direta de 1 O_2 a um carbono participante de dupla ligação, com alteração na posição da dupla e produção de um hidroperóxido na configuração trans (WONG, 1989). Ao contrário da auto-oxidação, a foto-oxidação não envolve radicais livres e não mostra um período de indução mensurável. É inibida por inativadores de 1 O_2 , como o β -caroteno, mas não é afetada por antioxidantes primários (MISTRY; MIN, 1992; WONG, 1989).

2.5. Antioxidante

Os antioxidantes são substâncias que inibem ou retardam a oxidação das substâncias oxidáveis, protegendo nosso corpo dos radicais livres. Esses radicais livres são moléculas que não possuem o número par de elétrons na última camada, sendo assim, moléculas instáveis. Com isso, estão buscando sempre se estabilizarem, buscando esse elétron na vizinhança, ou seja, no nosso corpo (KUMAR *et al.*, 2015).

Quando ocorre ataques dos radicais livres nas células se tornam constante, leva a peroxidação lipídica, desenvolvendo doenças crônicas, doenças degenerativas e alguns tipos de câncer. Os antioxidantes entram para inibir essa busca do radical de elétron, onde o antioxidante se sacrifica para regularizar a quantidade de radicais livres, evitando inúmeras doenças (GORDON, 1990).

A classificação dos antioxidantes é a partir da sua forma de proteger o alimento. Antioxidante primário tem ação redutora no alimento, pois eles doam átomos de hidrogênio na reação, onde esse átomo se liga ao radical livre e fazendo assim, o balanço desejado da molécula. Antioxidante secundário atua como quelantes sobre metais catalíticos, sequestrando oxigênio presente no ambiente, inibindo uma ação futura do oxidante (GORDON, 1990).

Outro tipo de antioxidante é o fenólico, onde ocorre uma interação com o peróxido (radical), por conta deste mesmo radical possuir menos energia favorecendo uma abstração do seu hidrogênio (DECKER, 1998).

Entre os antioxidantes sintéticos usados pela indústria alimentícia, temos o Hidroxitolueno butilado (BHT), Propil Galato (PG), Terc Butil Hidroquinona (TBHQ) e o Hidroxianisol Butilado (BHA). Assim, com o emprego da embalagem ativa com vitamina E, conseqüentemente esses compostos sintéticos poderiam ser evitados de ser adicionados no alimento.

2.6. Antioxidantes naturais

Os antioxidantes naturais podem ser extraídos de vegetais e plantas. Muitas ervas e especiarias, utilizadas como condimentos em alguns pratos, são excelentes fontes de compostos fenólicos. Tais substâncias têm demonstrado alto potencial antioxidante, podendo ser usadas como conservantes naturais para alimentos (RICE-EVANS, MILLER e PAGANGA, 1996; ZHENG e WANG, 2001). Os compostos fenólicos exibem grande quantidade de propriedades fisiológicas (como antialérgica, antiarteriogênica, antiinflamatória, antimicrobiana, antitrombótica, cardioprotetiva e vasodilatadora), mas o principal efeito dos compostos fenólicos tem sido atribuído à sua ação antioxidante em alimentos (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

GORDON (1990) classificou os antioxidantes em dois grupos, os primários e os secundários. Os antioxidantes primários são capazes de interromper a cadeia de radicais, cedendo hidrogênio a um radical lipídico livre e assumindo a forma de radical estável. Pode-se incluir nesse grupo os compostos fenólicos, que apresentam grupos doadores de elétrons nas posições orto e para de sua cadeia cíclica. Os secundários reduzem o processo de iniciação, utilizando agentes quelantes de metais como, por exemplo, o ácido etilendiaminotetracético e o ácido cítrico.

2.7. Embalagem ativa antioxidante

Diferentes antioxidantes têm sido usados com sucesso para inibir a oxidação em alimentos cárneos. No entanto, a incorporação de antioxidantes em formulações de alimentos pode afetar os parâmetros de qualidade alimentar, tal como a cor ou o sabor e há uma preferência do consumidor por exclusão de aditivos em alimentos (MITSUMOTO et al., 2005). Porém, crescente demanda por produtos “prontos-para-comer” e de fácil consumo estão aumentando a necessidade de melhorar o controle sobre qualidade e segurança alimentar. Os surtos de doenças transmitidas por alimentos têm ocasionado a busca de novas formas de inibir o crescimento microbiano em produtos, mantendo assim a sua qualidade, frescor e segurança.

Uma alternativa que vem se destacando para preservar alimentos sensíveis à oxidação é a utilização de embalagens ativas antioxidantes. A embalagem ativa é elaborada para agir diretamente com o produto, mas que seja uma ação positiva, sendo ela para preservar e manter a qualidade do alimento, tanto no aspecto sensorial, quanto aspecto físico e químico, no qual essa tecnologia já vem sendo utilizada pela indústria de cereais dos EUA para preservar cereais matinais, produtos nos quais o desenvolvimento de rancidez limita sua vida de prateleira (Labuza & Breene, 1989).

Tradicionalmente, sabe-se que a principal finalidade das embalagens é proteger e conservar os alimentos contra qualquer tipo de ação de deterioração sejam elas de natureza química, física ou microbiológica, agindo como uma barreira inerte, assegurando a manutenção de suas próprias características, por um período de tempo mais longo, após seu processamento (VERMEIREN et al., 1999).

A crescente demanda por produtos “prontos-para-comer” e de fácil consumo estão aumentando a necessidade de melhorar o controle sobre qualidade e segurança alimentar. Os surtos de doenças transmitidas por alimentos têm ocasionado a busca de novas formas de inibir o crescimento microbiano em produtos, mantendo assim a sua qualidade, frescor e segurança. Uma nova tendência na tecnologia de conservação de alimentos consiste em utilizar embalagens ativas, a fim de ampliar esta margem de segurança (SANTIAGO-SILVA et al., 2009).

Esses sistemas consistem na incorporação de substâncias antioxidantes em filmes plásticos, papéis ou sachês, de onde serão liberadas para proteger os alimentos da degradação oxidativa, inibindo as reações de oxidação ao reagirem com radicais livres e peróxidos e, conseqüentemente, estendendo a sua vida de prateleira (Vermeiren et al., 1999; Brody et al., 2001; Lee et al., 2004; Tovar et al., 2005; Min & Krochta, 2007).

As embalagens ativas têm várias funções adicionais em relação às embalagens passivas, que são limitadas a proteger os alimentos de condições externas. As embalagens ativas alteram as condições do produto, aumentando sua vida de prateleira, segurança e qualidade e, ou melhorando suas características sensoriais (Vermeiren et al., 2002).

A classificação das embalagens ativas se dá quanto a finalidade, podendo ser um sistema absorvedor e sistema emissor. Sistema absorvedor visa eliminar compostos indesejáveis dentro da embalagem, como por exemplo, o oxigênio, água, entre outros compostos que degradam o alimento. Já o sistema emissor, é o sistema onde incorporamos substâncias no material da embalagem e eles vão sendo liberados gradativamente, podendo ser um antioxidante ou antimicrobiano.

Outro fator determinante no emprego de antioxidante na embalagem é elaborar um polímero e adicionar um antioxidante natural, ao invés de um sintético, tornando o menos agressivo a saúde (ROONEY, 2005). Dessa forma muitas pesquisas nos últimos anos têm-se concentrado no desenvolvimento de embalagens ativas que contém antioxidantes naturais, como os óleos essenciais, extratos de chás e extrato cítrico (SANCHES-SILVA et al., 2012). A difusão dos antioxidantes para os alimentos causa preocupações aos consumidores no que diz respeito à sua segurança (Vermeiren et al., 1999). Por essa razão, existe crescente preferência pelo uso de substâncias naturais (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Para ser uma embalagem totalmente eficaz, preciso atender os seguintes requisitos:

- Ser efetiva contra um grande intervalo de tempo;
- Não causar alterações sensoriais nos alimentos;
- Ter custo compatível;
- Ser eficiente em baixas concentrações de aditivos incorporados;
- Possuir estabilidade térmica;
- Ter eficácia em baixas temperaturas;
- Atender as exigências legais.

Estabilidade térmica e eficácia em baixas temperaturas, são dois pontos de a tecnologia de embalagens de maior desafio.

Alguns sistemas de embalagens ativas têm sido desenvolvidos usando extratos naturais, como alecrim, orégano e chá verde que são duo-funcionais, ou seja, possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes, para aumentar a estabilidade de diferentes produtos de carne e, assim, aumentar a sua vida de prateleira (NERÍN et al., 2006; CAMO et al., 2011; CALATAYUD et al., 2013).

2.8. Vitamina E

A vitamina E é uma vitamina lipossolúvel essencial para o funcionamento do organismo devido à sua ação antioxidantes e às suas propriedades anti-inflamatórias, que ajudam a melhorar o sistema imune, a pele e o cabelo, assim como prevenir doenças como aterosclerose e o Alzheimer (BIANCHINI e PENTEADO, 2003).

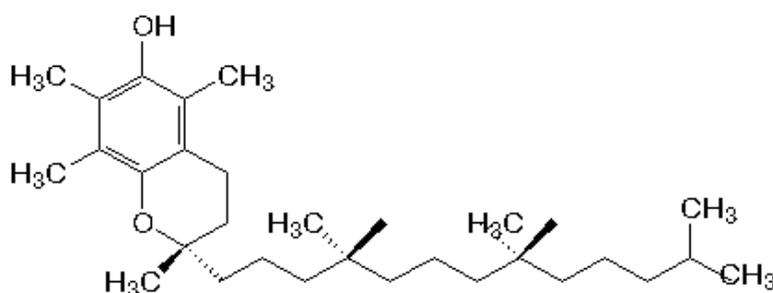
A vitamina E é um bom antioxidante, devido a sua natureza lipofílica, onde a estrutura α -tocoferol possui uma propriedade de se migrar no interior das membranas, sendo por um transporte realizado por lipoproteínas, de baixa densidade (BIANCHINI e PENTEADO, 2003).

Quando a vitamina E age no processo de peroxidação lipídica, existe uma relação à captura de radicais, sendo mais comum os radicais de peroxila e alcoxila. A ação dos tocoferóis é justamente pela capacidade de doar hidrogênios

fenólicos aos radicais livres, evitando uma formação em cadeia dos hidroperóxidos (BIANCHINI e PENTEADO, 2003).

Esses tocoferóis pertencem a um grupo de quatro isômeros que se diferem pela posição e número de metila que se liga ao anel fenólico. O α -tocoferol é o mais conhecido por conta de constituir-se no principal antioxidante lipossolúvel natural que está presente no musculo e por ser o que apresenta maior valor de absorção pelo intestino (DECKER & XU, 1999).

Figura 2 – Vitamina E



Vitamin E (α -tocopherol)

Os alimentos ricos em vitamina E são:

- Pistache: 3,5mg de vitamina E em 65g do alimento;
- Amendoas: 4,5mg de vitamina E em 80g do alimento;
- Castanha do Pará: 5mg de vitamina E em 70g do alimento;
- Oleo de amêndoas: 5mg de vitamina E em 13g do alimento;
- Amendoim: 5mg de vitamina em 70g do alimento;
- Oleo de girassol: 7mg de vitamina E em 13g do alimento;
- Avelã: 15mg de vitamina E em 70 gramas do alimento;
- Semente de girassol: 17mg de vitamina E em 30 gramas do alimento;
- Óleo de gérmen de trigo: 17mg de vitamina E em 30 gramas do alimento.

Figura: Alimentos ricos em vitamina E



Fonte: Thais Karpowiski

2.9. Embalagem celulósica

Com o passar dos tempos, a preocupação com sustentabilidade afetou até mesmo a forma de elaboração das embalagens. Materiais sintéticos produzem uma grande quantidade de resíduos, tornando indexáveis até mesmo na hora do consumidor consumir o produto. Para substituir esse tipo de embalagem, materiais naturais estão sendo criados e chamando atenção de grandes marcas de produtos. (SIRVO et al., 2013).

Entre os materiais naturais utilizados na elaboração das embalagens, os mais comuns são a partir de celulose, gomas e gelatina (GALLSTEDT; HEDENQVIST, 2006).

Papel e derivados à base de celulose são materiais de embalagem “verde”, devido à sua capacidade de renovação, reciclagem e biodegradabilidade. No entanto, antes da aplicação industrial na embalagem, o papel geralmente precisa ser revestido com outros materiais como o polietileno, poli (tereftalato de etila), poli (tereftalato de butila), etc., para melhorar as suas propriedades de barreira contra água ou vapor d’água. Estes polímeros

derivados fósseis são difíceis para qualquer recuperação ou degradação. Assim, hoje em dia eles estão sendo gradualmente substituídos por materiais biopoliméricos na indústria de fabricação de papel para revestimento de superfícies (ZHANG; XIAO; QIAN, 2014).

Figura 3 – embalagens celulósicas



Fonte: Williams, H., & Wikström, F.-J. (2011)

2.10. Gelatina

A gelatina é uma macromolécula hidrocoloidal produzida pela hidrólise parcial do colágeno, que é extraído de peles, ossos e tecidos conjuntivos de animais. Durante o processo de fabricação, a matéria-prima dos animais é tratada com um ácido diluído ou álcali, resultando na clivagem parcial das ligações cruzadas, formando assim uma estrutura que é solúvel em água levemente aquecida, ou seja, a gelatina. (KARIM; BHAT, 2009).

Devido a seu caráter hidrofílico, os filmes e revestimentos a base de gelatina apresentam alta permeabilidade ao vapor d'água e a resistência mecânica das películas de gelatina diminuem quando em contato com a superfície de produtos com elevado teor de umidade, o que restringe sua aplicação como embalagens (WENG; ZHENG, 2015).

No desenvolvimento de embalagens biodegradáveis usualmente é necessário a adição de compostos plastificantes. Estes compostos são

considerados substâncias que incorporadas em um material, tem o intuito de melhorar sua flexibilidade e 19 funcionalidade (HORN, 2012). Estas substâncias reduzem a tensão de deformação, dureza, viscosidade ao mesmo tempo em que aumenta a flexibilidade da cadeia do polímero e sua resistência à fratura, pois se inserem entre as moléculas do biopolímero aumentando os espaços livres entre as cadeias (MALI et al., 2002; PARRA et al., 2004).

Os plastificantes mais utilizados em filmes biodegradáveis são os do tipo polióis, como o sorbitol, os derivados da glicerina, glicerol e gliceróis; os encontrados na forma de monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos, como a glicose e a sacarose; a tricetina que é um composto orgânico gorduroso, e os lipídeos, sendo os mais utilizados os derivados do éster, ácidos graxos saturados, monoglicerídeos surfactantes e óleos naturais (BERTAN, 2008, FAKHOURI, 2009; VIEIRA, et al., 2011).

Os aspectos mais importantes para definição dos plastificantes a serem utilizados são: ser compatível com o solvente e com o polímero utilizado, ter pouca migração para a superfície e a baixa toxicidade (VIEIRA, et al., 2011; RABELLO, 2000). A incorporação de plastificante influencia diretamente a permeabilidade aos gases e ao vapor de água nos filmes. Por isso, eles devem ser adicionados em determinadas concentrações para se obter filmes com melhor flexibilidade, porém, sem a perda das propriedades de barreira. A diferença na composição, forma e estrutura dos plastificantes, também podem influenciar de modo direto a capacidade de formar a rede polimérica (VIEIRA et al., 2011; PESSANHA, 2016).

Contudo, tem sido relatado que as propriedades físicas dos filmes de proteína podem ser melhoradas através da reticulação (ou crosslinking) sob a ação da enzima transglutaminase, que é considerada como um agente de ligação cruzada seguro e eficaz (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011). A transglutaminase catalisa a reação de transferência de grupos acil que ocorre entre resíduos de glutamina como "doador de acil" e resíduos de lisina como "receptor de acil ". Esta reação resulta na formação de ligações intra e intermoleculares nas proteínas (NORZIAH et al., 2009).

3. Vitamina E

A proposta de elaboração da é usar óleo vegetais ricos em vitamina E, que é comercialmente encontrado em supermercados ou em estabelecimentos que comercializam aditivos. O motivo de se usar o óleo é por conta de que a concentração de vitamina E é maior e em pequenas quantidades do composto, comparado a vitamina E extraída no departamento, otimizando tempo e custo.

A vitamina E é extraída de alimentos como abacate e da semente de girassol.

4. Elaboração da embalagem ativa

A embalagem é produzida a partir de um polímero natural (celulose), gomas, gelatinas, tornando-a biodegradável e menos ofensiva ao meio ambiente. Na elaboração também se conta com tecnologia nanotecnologia, onde tem objetivo de dar maior proteção ao alimento e aumentando a resistência do material usado na embalagem. Assim a embalagem se torna mais ativa no alimento de uma forma antimicrobiana e antioxidante.

As vantagens de desenvolver esse tipo de material a partir de celulose e goma, é justamente boa função mecânica e de barreira (humidade e/ou gases), não-toxicidade e custo relativamente baixos (Valdés et al., 2015). O polímero de celulose está associado a uma serie de ligações de hidrogênio, formado devido as interações intermoleculares geradas entre cadeias e as interações, formando as fibras de polímero (COSTA et al., 2017). A estrutura começa a se formar quando duas moléculas de glicose se unem e formam a celobiose, considerada como uma repetição de molécula de celulose, onde juntamente com a ligação de hidrogênio, torna o polímero insolúvel em água e em solventes orgânicos (UL-ISLAM et al., 2012; SANTOS et al., 2015).

A microfibrila celulósica forma uma associação de quatro fibrilas elementares, onde são circundadas em uma matriz formada de hemicelulose e lignina. Com isso, resulta em uma fibrila elementar, apresentando características de insolubilidade em água e cristalinidade.

5. Aplicação do produto cárneo

O filme obtido é aplicado sobre hambúrguer bovino (carne bovina, gordura bovina e sal), produzido no laboratório, e estocado sobre refrigeração (0 a 1°C). Os produtos são avaliados ao longo de sua vida útil através da determinação do pH, da cor objetiva (L^* , a^* , b^*) e da oxidação lipídica, através da medida do índice de TBARs a cada 2 dias de estocagem, por 10 dias.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ter uma embalagem ativa com antioxidante na sua formulação, evitará o uso de aditivos nos alimentos, agregando valores nutricionais e seguros para o consumidor. Contudo, desenvolver uma embalagem a base de antioxidante natural, acarreta na melhoria do consumo de alimentos e assegurar uma vida útil prolongada dos alimentos. Assim, trazer todos esses critérios em apenas uma embalagem, irá trazer outro ponto positivo: inovação.

7. REFERENCIAS

MITSUMOTO, M., O'GRADY, M. N., KERRY, J. P., JOE BUCKLEY, D. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. *Meat Science*, v. 69, n. 4, p. 773–779, 2005.

SANCHES-SILVA, A., COSTA, D., ALBUQUERQUE, T. G., BUONOCORE, G., COSTA, H. S. Trends in the use of antioxidants in active packaging. 5th International Symposium on Food Packaging. Berlin, Germany, 2012.

BRAGA, LILIAN RODRIGUES., SILVA, FABRICIO MACHADO., Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias., *Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão*, v. 8 n. 4, p. 170-186, out./dez. 2017.

OUSSALAH, M., CAILLET, S., SALMIÉRI, S., SAUCIER, L., LACROIX, M. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Milk Protein Based Film Containing Essential Oils for the Preservation of Whole Beef Muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 7, p. 5598–5605, 2004.

OLIVEIRA, R.R. et al. Antioxidantes naturais em produtos cárneos. *PUBVET, Londrina*, V. 6, N. 10, Ed. 197, Art. 1324, 2012. *Quím. Nova* vol.27 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2004.

COSTA, A.F.S., Rocha, M.A.V., Sarubbo, L.A., 2017. Bacterial cellulose: anecofriendly biotextile. *International Journal of Textile and Fashion Technology* 7, 11-26.

YANG, K.K., Wang, X.L., Wang, W.Y., 2007. Progress in Nanocomposite of Biodegradable Plymer.

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; VOSTER, M. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, v. 64, p. 171-181, 2014

MOTTA, CAROLINE., Incorporação do antioxidante natural a-tocoferol em filmes de carboximetilcelulose, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Química, Florianópolis, 2012.

Valdés, A., Mellinas, A.C., Ramos, M., Burgos, N., Jiménez, A., Garrigós, M.C. (2015). Use of herbs, spices and their bioactive compounds in active food packaging. *RSC Advances*, 50, 403–420.

CASTRO, A. G.; POUZADA, A. S. Embalagens para indústria alimentar. Lisboa: Instituto Piaget, Portugal, 2003.

ROONEY, M. L. Overview of active food packaging. In ROONEY, M.L. Active food packaging. (Ed.) London: Blackie Academic & Professional, Cap. 1, p. 1-37, 1995.

ROONEY, M. L. Introduction to active food packaging technologies. London: Elsevier Ltd, 2005.

WANG, L. F.; RHIM, J. W. Preparation and application of agar/alginate/collagen ternary blend functional food packaging films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 80, p. 460–468, 2015.

Vermeiren L, Devlieghere F & Devere J (2002) Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. *Food Additives and Contaminants*, 19:163-171.

Yanishlieva-Maslarova NV (2001) Inhibiting oxidation. In: Pokomy J, Yanishlieva N & Gordon M (Eds.) *Antioxidants in food: Practical applications*. Cambridge, Woodhead Publishing. p. 23-70.

Labuza TP & Breene WM (1989) Applications of “active packaging” for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13:1-69.

GÄLLSTEDT, M.; HEDENQVIST, M. S. Packaging-related mechanical and barrier properties of pulp-fiber-chitosan sheets. *Carbohydrate Polymers*, v. 63, n. 1, p. 46–53, 2006.

NERÍN, C., TOVAR, L., DJENANE, D., CAMO, J., SALAFRANCA, J., BELTRÁN, J. A., RONCALÉS, P. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 20, p. 7840–7846, 2006.

GORELIC, S.; KANNER, J. Oxymyoglobin oxidation and membrane lipid peroxidation initiated by iron redox cycle: Prevention of oxidation by enzymic and nonenzymic antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, n. 12, p. 5945–5950, 2001.

JOHNSTON, J. H.; MORAES, J.; BORRMANN, T. Conducting polymers on paper fibres. *Synthetic Metals*, v. 153, n. 1-3, p. 65–68, 2005.

KARIM, A. A.; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 3, p. 563–576, 2009.

WENG, W.; ZHENG, H. Effect of transglutaminase on properties of tilapia scale gelatin films incorporated with soy protein isolate. *Food Chemistry*, v. 169, p. 255–260, 2015.

MISTRY, B. S.; MIN, D. B. Oxidized flavor compounds in edible oils. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). *Off-flavors in foods and beverages*. London, GB: Elsevier Science Publishers, 1992. p. 171-209.

NAWAR, W. Lipids. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). *Food Chemistry*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 139-244.

WONG, D. W. S. *Mechanism and theory in food chemistry*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 428 p.

BERTAN, L. C. et al. Effect of fatty acids and “Brazilian elemi” on composite films based on gelatin. *Food Hydrocolloids*, v. 19, n. 1, p. 73–82, 2005.

MALI, S. et al. Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, v. 50, n. 4, p. 379–386, 2002.

VIEIRA, M. G. A.; et al. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, v. 47, p. 254–263, 2011.