

## Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção

Lana Flávia Baron<sup>1</sup>  
Rafael Pazinato<sup>2</sup>  
Camila Paula Baron<sup>3</sup>

### RESUMO

O processo de oxidação é uma das principais reações de deterioração de alimentos. A oxidação tem grande influência no valor nutricional e na qualidade de produtos que são utilizados na nutrição animal, principalmente quando se fala em óleos utilizados na ração. A utilização de lipídeos tem o objetivo de possibilitar melhor desempenho e saúde ao animal, fornecendo-lhe mais energia. Esta revisão tem por objetivo abordar, de maneira geral, a importância dos lipídeos, como ocorre sua oxidação, o uso de antioxidantes e as implicações dos lipídeos para a nutrição e saúde de animais de produção. Os lipídeos são substâncias que possuem alto valor nutritivo e energético. Porém, quando a questão é nutrição, o uso de lipídeos oxidados altera as propriedades organolépticas da ração, como presença de odor, sabor e alteração da viscosidade do óleo, sendo característico o ranço. Ademais, pode levar ao desenvolvimento de alterações fisiológicas indesejadas e prejuízos nutricionais, além de formar substâncias tóxicas que possuem grande influência na ocorrência de doenças.

**Termos para indexação:** antioxidantes, lipídeos, nutrição animal.

### Lipid oxidation and implications on nutrition and health of production animals

### ABSTRACT

The oxidation process is one of the main reactions of food spoilage. Oxidation has a great influence on nutritional value and quality of products that are used in animal nutrition, especially when it comes to oils used in feed. The use of lipids is intended to enable better performance and health of the animal, providing more energy to it. The objective of this study is to approach, in general, the importance of lipids, how its oxidation occurs, the use of antioxidants and the implications of lipids for the nutrition and health of production animals. Lipids are substances that have high nutritional and energy value. However, when it comes to nutrition, the use of oxidized lipids alters the organoleptic properties of the feed, such as presence of odor, taste and change in oil viscosity, and rancidity is characteristic. Moreover, it may lead to the development of undesired physiological changes and nutritional damages, besides forming toxic substances that have great influence on disease occurrence.

**Index terms:** antioxidants, lipids, animal nutrition.

<sup>1</sup> Farmacêutica, Universidade do Contestado. Concórdia - SC. Mestranda em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS. E-mail: lanaflaviabaron@outlook.com

<sup>2</sup> Médico Veterinário, Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza - PR. Médico Veterinário na Brasil Foods (BrF). Dourados - MS. E-mail: rafael-sjo@hotmail.com

<sup>3</sup> Médica Veterinária, Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza - PR. Especialista em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais, Universidade Federal do Paraná. Palotina - PR. Médica Veterinária Cirurgiã. Dourados - MS. E-mail: camilapaulabaron@gmail.com

### Ideias centrais

- O incremento de lipídeos na nutrição possibilita mais saúde e melhora no desempenho dos animais de produção
- Produtos que contêm lipídeos oxidados alteram as propriedades organolépticas, provocando odor e sabor desagradáveis
- Lipídeos oxidados geram produtos tóxicos que podem provocar prejuízos nutricionais e o aparecimento de doenças em animais de produção
- Os antioxidantes devem ser adicionados no início da oxidação e quanto maior a concentração melhor a garantia de preservação, desde que, não exceda a concentração máxima recomendada

Recebido em  
30/09/2019

Aprovado em  
14/01/2020

Publicado em  
30/04/2020



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

## INTRODUÇÃO

A oxidação é fundamental para a vida aeróbica e o metabolismo animal. No entanto, nesse processo, os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma alteração biológica. Esses radicais livres, cujo elétron desemparelhado encontra-se centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio, são denominados espécies reativas de oxigênio (EROs) (Barreiros & Davi, 2006).

Nesse contexto, a oxidação tem grande influência no valor nutricional e na qualidade de produtos que são utilizados na nutrição animal, principalmente quando se fala em óleos utilizados na ração. A utilização de lipídeos tem o objetivo de proporcionar melhor desempenho e saúde ao animal, fornecendo-lhe mais energia, quando comparados aos carboidratos (Sakomura et al., 2014).

No entanto, esses lipídeos precisam estar em condições adequadas, para que se obtenha o resultado esperado na adição de componentes, pois a oxidação altera as propriedades organolépticas dos produtos, como surgimento do odor, sabor e alteração da viscosidade do óleo, sendo o ranço a principal alteração. Além disso, pode levar ao desenvolvimento de alterações fisiológicas indesejadas.

Esta revisão tem por objetivo abordar, de maneira geral, informações relacionadas aos lipídeos, como ocorre a oxidação e a importância e implicações dos lipídeos para a nutrição e saúde de animais de produção.

## CARACTERÍSTICAS DOS LIPÍDEOS

Lipídeos formam um grupo de biomoléculas hidrofóbicas, ou seja, insolúveis em água, mas solúveis em solventes apolares. Essas moléculas são derivadas de ácidos graxos (Garnsworthy & Cole, 1995). No entanto, existem alguns grupos que não possuem ácidos graxos na sua composição, que são os terpenos, esteróis e algumas vitaminas lipossolúveis. Como exemplos de lipídeos, tem-se os fosfolipídeos, os glicolipídeos e as ceras, que possuem uma variação de 4 a 36 carbonos na sua estrutura (Sakomura et al., 2014).

Os lipídeos possuem como principal função biológica a reserva de energia, tanto na forma de óleos como de gorduras em diversos organismos. Também podem ser estruturais, como é o caso dos esteróis e os fosfolipídeos. Podem apresentar função de cofatores enzimáticos, agentes emulsificantes no trato digestivo, carreadores de elétrons, hormônios, entre outros. Em relação a sua diferenciação, existem os ácidos graxos que contêm apenas ligações simples, que são chamados de saturados, ou as conhecidas gorduras, pois em temperatura ambiente encontram-se no estado sólido. Esses ácidos graxos apresentam cadeia linear. Os ácidos graxos que possuem uma ou mais ligações duplas são chamados de insaturados ou de óleos, por apresentarem-se na forma líquida em temperatura ambiente. Geralmente não apresentam cadeia ramificada, porém, alguns apresentam anéis, metilações e grupos hidroxilas. O ácido graxo monoinsaturado apresenta apenas uma ligação dupla na sua estrutura; já os poli-insaturados apresentam duas ou mais ligações duplas entre os carbonos (Sakomura et al., 2014).

## OXIDAÇÃO

O processo de oxidação é uma das principais reações de deterioração de alimentos, implicando o aparecimento de sabores e odores ruins, conhecidos como ranço. Em consequência, provoca redução do valor nutritivo, e alguns produtos resultantes são tóxicos (Ordóñez, 2005). A oxidação caracteriza-se pela perda ou ganho de elétrons por um átomo ou molécula. Um agente oxidante age como receptor de elétrons das moléculas que oxida enquanto um agente redutor é um doador de elétrons (Vannucchi et al., 1998).

As insaturações, ou seja, ligações duplas, são os centros ativos que reagirão com o oxigênio. Os ácidos graxos insaturados, quando livres, oxidam mais rapidamente (Ordóñez, 2005). O termo radical livre é utilizado para designar átomo ou molécula com existência independente, contendo um ou mais elétrons não pareados, nos orbitais externos, ou seja, o elétron não pareado é aquele que ocupa um orbital atômico ou molecular isoladamente (Vannucchi et al., 1998).

## FATORES QUE INFLUENCIAM A OXIDAÇÃO

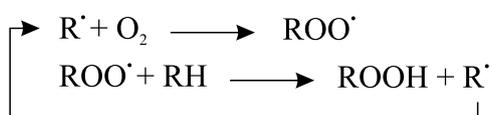
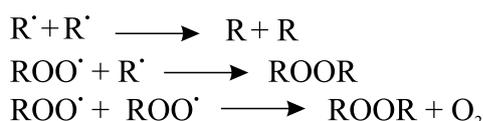
Os fatores que interferem na oxidação de lipídeos são: os ácidos graxos constituintes, como, por exemplo, os ácidos linoleico e linolênico, que oxidam entre 64 e 100 vezes mais rapidamente que o ácido oleico.; a quantidade de oxigênio presente, que também influencia a oxidação – por isso, processos para retirar o oxigênio são eficazes para prevenir a oxidação; a atividade da água, que está envolvida nas atividades catalíticas dos metais; a temperatura do processo e armazenamento do produto – quanto mais alta a temperatura, mais alta será a velocidade da oxidação; e a exposição à radiação solar, que é um potente acelerador (Ordóñez, 2005). Ainda, a presença de agentes pró-oxidantes, que são principalmente os metais pesados e também os grupos heme das moléculas de mioglobina, enzimas lipo-oxidases e pigmentos de clorofila que também catalisam a reação de oxidação, pois principalmente a clorofila absorve maior energia luminosa e transfere para o oxigênio triplete, gerando o estado de oxigênio singlete (Jorge, 2009).

Os metais da primeira fileira da tabela periódica contêm elétrons não pareados, o que os qualifica como radicais, exceto o zinco. São eles: ferro, cobre, vanádio, cromo, manganês, cobalto, níquel e molibdênio. O fator significativo em relação ao seu estado reativo são suas valências variáveis, o que permite modificações do potencial de oxidação, envolvendo um elétron (Vannucchi et al., 1998).

O cobre e o ferro são os metais de maior interferência na oxidação, sendo muito ativos, e atuam consideravelmente em concentrações de 0,002 ppm de cobre e 0,5 a 1 ppm de ferro (Ordóñez, 2005).

## MECANISMOS DA OXIDAÇÃO

A oxidação dos lipídeos pode ocorrer por vários mecanismos. O mecanismo de auto-oxidação é o mais comum e é constituído por três fases: iniciação, propagação e terminação (Figura 1), sendo estas geradas por meio de reações em cadeia (Gava et al., 2008; Jorge, 2009). Quanto maior for o grau de insaturação do ácido graxo componente do triglicerídeo, maior será a intensidade da oxidação (Oetterer et al., 2006). A fase de iniciação contém alta energia de ativação e compreende a formação de radicais livres. No entanto, essa fase não ocorre espontaneamente; é necessária a presença de fatores que a catalisem. A segunda fase é o momento em que o radical reagirá com o oxigênio, originando o radical peroxila. No início dessa fase há acúmulo de hidroperóxidos; porém, com o decorrer do tempo, por serem instáveis, começam a se decompor. Dessa forma, obtêm-se os compostos responsáveis pelo odor de ranço. A fase de terminação caracteriza-se pela redução na quantidade de ácidos graxos insaturados e pela formação de compostos estáveis, pois os radicais livres ligam-se uns aos outros (Gava et al., 2008; Jorge, 2009). Alterações organolépticas já surgem na fase de propagação, porém, estão muito mais expressas nesta última fase, podendo ocorrer alterações na cor, odor e viscosidade do óleo (Jorge, 2009).

**Iniciação****Propagação****Terminação**

**Figura 1.** Mecanismo de oxidação dos lipídeos. RH, ácido graxo insaturado; R<sup>•</sup>, radical de ácido graxo; ROO<sup>•</sup>, radical peroxila; ROOH, hidroperóxido.

Fonte: Jorge (2009).

O mecanismo de foto-oxidação ocorre pela presença de luz e moléculas fotossensibilizadoras presentes. O produto primário é o hidroperóxido, no qual o grupo peroxila está ligado a um dos carbonos da dupla ligação. O oxigênio singlete reage com a dupla ligação, produzindo um hidroperóxido alílico, levando à alteração na configuração de *cis* para *trans*. A oxidação de lipídeos pelo mecanismo de termoxidação é a que ocorre na presença de altas temperaturas às quais são expostos. Essas condições ocorrem quando os produtos são utilizados em fornos de micro-ondas ou em frituras por imersão. Outro mecanismo é a oxidação enzimática, que é catalisada pela enzima lipoxigenase, que é proteína ligada a um metal e possui um átomo de ferro no centro. Está presente em muitas matérias vegetais, em microrganismos e em enzimas com atividades semelhantes em tecidos animais. Por ser uma enzima, apresenta especificidade de ação, quanto ao substrato e quanto à forma de agir (Ordóñez, 2005; Oetterer et al., 2006).

## PRODUTOS DA OXIDAÇÃO E SEUS MÉTODOS DE ANÁLISE

O processo oxidativo origina vários compostos que são característicos da alteração do óleo. O primeiro produto formado na deterioração dos lipídeos são os peróxidos, produtos incolores e inodoros. Sua avaliação ocorre por meio do índice de peróxido, pois, no início do processo, as alterações ainda não podem ser percebidas sensorialmente. O método consiste na atuação dos peróxidos sobre o iodeto de potássio, ocasionando a liberação de iodo, e este será titulado com tiosulfato de sódio, com o auxílio de indicador, que representará a progressão da oxidação (Zenebon et al., 2008; Mathias et al., 2010). Outro método de análise de oxidação inicial, que fornece o estado de conservação do óleo, por meio da medida dos ácidos graxos livres, é a determinação da acidez. Esse processo de decomposição geralmente altera a concentração dos íons de hidrogênio. O índice de acidez é realizado por meio da quantidade necessária de hidróxido de potássio para neutralizar ácidos graxos livres da amostra, com ajuda de um indicador (Zenebon et al., 2008).

No decorrer da decomposição, há o aparecimento de produtos secundários como os aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos e polímeros, sendo estes os responsáveis pelo odor e sabor desagradável dos óleos. Para a avaliação desses produtos, um método muito utilizado é o índice do ácido tiobarbitúrico (TBA), em que se avaliam compostos reativos ao TBA e que são percebidos sensorialmente – essas substâncias reativas diferem de acordo com as matrizes de diversas composições lipídicas. O índice de TBA quantifica principalmente o malonaldeído (MDA). A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (Mathias et al., 2010).

Outro método utilizado para a análise de produtos secundários é a Reação de Kreis, sendo um método colorimétrico e rápido, válido para óleos normais e gorduras líquidas. A floroglucina reage, em meio ácido, com os triglicerídeos oxidados, originando uma coloração avermelhada, que é medida por espectrofotometria, cuja intensidade aumenta com a deterioração do produto, provavelmente, pela presença de aldeído epidrínico ou de aldeído malônico. Outro método espectrofotométrico é a realização do índice de carbonila, em que, em meio ácido, com a utilização de 2,4-dinitrofenilhidrazina, ocorre a formação de derivados corados que podem ser observados no espectrofotômetro (Zenebon et al., 2008).

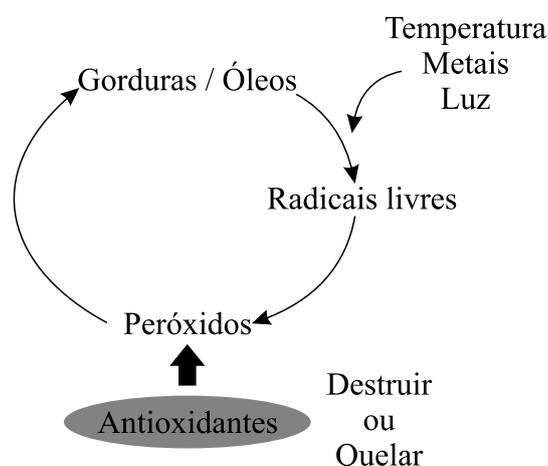
Segundo Antoniassi (2001), um método para a avaliação de compostos voláteis normalmente é executado por meio da condutimetria da água destilada. O Rancimat (Metrohm) fornece um fluxo de ar para a amostra de óleo, que também está sob aquecimento, geralmente de 100 °C a 140 °C. Nessas condições, os ácidos carboxílicos voláteis, formados da oxidação do óleo, são arrastados para a água, solubilizando-se e aumentando a condutividade elétrica.

A oxidação de lipídeos pela reação com íons metálicos é muito lenta sob condições normais (Oetterer et al., 2006). Dessa forma, utilizam-se métodos para acelerar o processo e tornar possível a avaliação do tempo necessário para cada óleo oxidar. No entanto, em virtude da quantidade de métodos de análises para a avaliação do grau de oxidação de óleos, permanecem dúvidas quanto a que método escolher para obter-se um resultado coerente e confiável. Dessa forma, é necessário avaliar as condições do óleo a ser analisado e conhecer as vantagens e desvantagens de cada método, facilitando a escolha do mais adequado e que fornecerá resultados mais confiáveis e reais.

## ALTERNATIVAS PARA A PREVENÇÃO DA OXIDAÇÃO: ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes são compostos de grande interesse para os alimentos, pois impedem a deterioração e rancificação. Estes devem seguir alguns requisitos para garantir o efeito, como: não podem produzir cor, odor, sabor, e devem ser eficazes em baixas temperaturas, ou seja, não podem causar efeitos biológicos negativos (Ordóñez, 2005).

Segundo Oetterer et al. (2006), a ação dos antioxidantes pode ocorrer de várias maneiras: ligando-se competitivamente ao oxigênio; atrasando a etapa de iniciação; interrompendo a propagação pela destruição ou pela ligação dos radicais livres; e estabilizando os hidroperóxidos ou inibindo os catalisadores. Por meio dessas diferentes formas de ação, os antioxidantes são divididos em dois grupos: os antioxidantes destruidores de peróxidos; e os quelantes, que são utilizados mais para a prevenção por atuarem estabilizando e reduzindo o potencial redox (Figura 2). Como exemplos de quelantes, há o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), o ácido cítrico e o ácido fosfórico.



**Figura 2.** Ação de antioxidantes no processo de oxidação.

Fonte: Oetterer et al. (2006).

A adição de antioxidantes deve ocorrer no início da oxidação, pois, com o decorrer do processo, os níveis de peróxidos aumentam, então o efeito protetor se anula. O mesmo efeito ocorre quando o óleo possui altas concentrações de íons metálicos. Quanto maior a concentração desses antioxidantes nos alimentos, melhor a garantia de preservação. No entanto, alguns antioxidantes possuem uma concentração ótima de efeito e, quando a excedem, causam efeito oposto (Ordóñez, 2005).

O galato de propila é um antioxidante solúvel em água, que, em altas concentrações, juntamente com o ferro, origina sais de cor azul-escura, podendo provocar efeitos indesejáveis no armazenamento de óleos (Ordóñez, 2005). Um estudo realizado por Belinato (2010) em relação à oxidação de óleos de soja aditivados com antioxidantes mostrou que, para a efetividade do galato de propila no óleo, se faz necessário um aumento de 1% para 3% em massa na concentração do antioxidante, para ocorrer uma melhora de 1,6% na resistência à oxidação. No entanto, a adição desse composto com maior concentração apresentou dificuldade em dissolução no óleo, provocando uma não homogeneidade da solução, posteriormente interferindo nos resultados.

A vitamina C possui eficiência antioxidante, porém, também age como pró-oxidante *in vitro*. Soluções de vitamina C e ferro são usadas para induzir modificações oxidativas em lipídeos, proteínas e DNA. A reação de Fenton, redução de peróxido de hidrogênio por  $\text{Cu}^{1+}$  ou  $\text{Fe}^{2+}$  a radical hidroxila, é favorecida na presença de vitamina C, capaz de reduzir os metais de transição, tornando-os aptos para esta reação (Cerqueira et al., 2007).

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários formados pela ação desses antioxidantes são relativamente estáveis, em virtude da ressonância do anel aromático apresentada por essas substâncias (Ramalho & Jorge, 2006).

Os fosfolipídeos possuem efeitos antioxidantes, porém, ainda não é muito descrito seu mecanismo, mas o grupo polar desempenha um papel importante, e os fosfolípidos que contêm nitrogênio, tais como fosfatidilcolina e fosfatidiletanolamina, são eficientes antioxidantes na maioria das condições. Dessa forma, por meio do sequestro de metais, há diminuição da oxidação do óleo. A concentração ideal para essa ação antioxidante está entre 3 e 60 ppm. Em relação ao óleo de soja, a concentração de fosfolipídeos está entre 5 e 10 ppm – se a quantidade for maior, os fosfolipídeos agirão como pró-oxidantes (Choe & Min, 2006).

## LIPÍDEOS NA NUTRIÇÃO E SAÚDE DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO

Segundo Tavernari (2015), instalações adequadas, boas práticas de higiene e manejo correto são critérios básicos para obter animais com bom desempenho. No entanto, contra patógenos, a melhor defesa do animal é o sistema imune ativo, garantindo-lhe melhor saúde. Nesse caso, um dos probióticos utilizados na nutrição animal são os lipídeos, que tanto desenvolvem o sistema imune do animal, quanto lhe favorecem uma nutrição adequada.

De 3% a 8% das rações de suínos e aves são lipídeos. A substituição de carboidratos e proteínas por lipídeos tem a capacidade de diminuir o incremento calórico na dieta. Isso ocorre pelo fato que as moléculas de lipídeos são metabolizadas mais facilmente, necessitando de um sistema menos complexo. No entanto, na preparação de rações, em alguns casos, não ocorrem dosagens de componentes independentes, por serem de difícil separação. Em relação aos lipídeos, o problema é por serem insolúveis em água (Sakomura et al., 2014).

Nas rações, os lipídeos possuem bastante influência sobre a palatabilidade, porém, não podem estar em quantidade excessiva, pois alteram a qualidade dos peletes. Também são responsáveis por aumentar o tempo da passagem do alimento pelo trato gastrointestinal do animal. Em relação a características físicas, agem como isolantes térmicos e promovem proteção aos órgãos abdominais (Sakomura et al., 2014).

A oxidação e degradação térmica de lipídeos leva a mudanças químicas e interações de produtos de reação com outros componentes da ração – estes produtos são prejudiciais à qualidade e ao valor nutritivo dos alimentos para animais. A oxidação lipídica leva à formação de sabores desagradáveis, geralmente ranço, surge o odor repugnante e há alteração da viscosidade do óleo. Em virtude dessas mudanças, ocorre alteração da palatabilidade e queda no valor nutricional (Garnsworthy & Cole, 1995).

Um dos mais utilizados componentes nas rações que contêm lipídeos são grãos de cereais que possuem alto teor de ácido linoleico. Esse ácido linoleico, no rúmen, é transformado em ácido linoleico conjugado (ALC), e apresenta duplas ligações nos carbonos 9 e 11 ou 10 e 12, ao contrário de um ácido linoleico normal, cujas ligações insaturadas encontram-se nos carbonos 9 e 12 da cadeia. O ALC possui efeitos farmacológicos muito importantes, como a inibição da carcinogênese, modulação do sistema imune, diminuição da gordura corporal depositada, e tem ação preventiva contra lesões ateroscleróticas. Um animal com piora do desempenho, em virtude de alguma patogenia, poderá ser recuperado, melhorando-se seu desempenho, por meio do uso de ALC na sua nutrição diária (Bertechini, 2012; Sakomura et al., 2014).

Em estudo realizado por Bassaganya-Riera et al. (2001) em leitões, que eram alimentados com ração contendo 0; 0,67; 1,33; ou 2% de ALC, durante 42 dias, foi observado um aumento significativo no número de linfócitos, mostrando que o ALC pode ser considerado um estimulante da resposta imune. Também foram observados efeitos na síntese de imunoglobulinas IgA, IgG, IgM e diminuição de IgE. Nota-se um perfil anti-inflamatório, que gera uma certa imunidade, por meio da diminuição da produção de citocinas pró-inflamatórias, como fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF $\alpha$ ) (O’Shea et al., 2004; Deminicis & Martins, 2014).

Segundo Bertechini (2012), a falta do ácido linoleico no organismo de aves pode gerar um crescimento irregular, e atua na produção dos ovos, como na redução da eclodibilidade e tamanho. Pode afetar, também, o fígado, propiciando maior depósito de gordura no órgão. Essa mesma deficiência em suínos afeta os pelos, deixando-os secos e quebradiços, ocorrendo maior perda. Há diminuição na produção de bile, atinge também sua reprodutibilidade, e há redução na espermatogênese e atrofia dos testículos.

No contexto de produção de rações, ainda existe um outro ingrediente em destaque, a farinha de origem animal, que está sendo desenvolvida e testada para sua utilização na nutrição animal, para poder suprir a demanda da produção, além de conter substâncias, como aminoácidos e cálcio, que auxiliam no desempenho do animal e reduzem o custo das rações. No entanto, esse produto possui limitações no que diz respeito à presença elevada de gordura, tendo maior facilidade de oxidar-se, produzindo radicais livres, que levam à formação de hidroperóxidos e produtos secundários, favorecendo odor e sabor desagradáveis. Para impedir ou retardar tal formação, pode-se adicionar antioxidantes às farinhas, porém, em até sete dias após sua produção, ocorrendo, assim, diminuição da produção dos peróxidos com adição de 500 mg/kg de BHT (Regina, 2010).

A oxidação lipídica dos alimentos acarreta prejuízos nutricionais pela parcial destruição de ácidos graxos insaturados essenciais, como linoleico e linolênico, e de outros lipídeos como a vitamina A, carotenoides e tocoferóis. Ocorre formação de produtos secundários referentes à oxidação, e ainda há destruição parcial da vitamina C. A presença dos peróxidos irrita a mucosa intestinal, levando à diarreia e diminuição da absorção de nutrientes. A formação de lipídeos oxidados possui efeito antagonista a vários nutrientes importantes, levando à desnutrição do organismo (Kanner, 1994).

A oxidação lipídica origina produtos de baixo peso molecular, e sua ingestão oral acarreta danos degenerativos de tecidos linfoides (Oarada et al., 1988). Além disso, a presença de hidroperóxidos e aldeídos gera danos hepáticos, renais e distúrbios enzimáticos no geral. Aldeídos produzidos, em especial o malonaldeído, possuem capacidade de se combinar com moléculas presentes no organismo, provocando modificações de carboidratos, lipídeos e proteínas, resultando em danos ao material genético e possíveis mutações (Kubow, 1992; Esterbauer, 1993; Lindsay, 1996).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reações de oxidação implicam a formação de compostos, podendo trazer implicações nutricionais. Assim, existe a necessidade de se avaliar a capacidade de oxidação, para estabelecer um grau de comprometimento nutricional e metabólico, e ainda é de fundamental importância o monitoramento adequado da qualidade dos óleos. Deve-se levar em conta que métodos que aceleram o processo de oxidação não fornecem segurança total na extrapolação para condições normais para oxidação, por isso, é necessário avaliar as condições do produto para a escolha do método analítico mais apropriado, assim obtendo resultados mais próximos aos reais.

Produtos oxidados alteram significativamente suas propriedades organolépticas, diminuindo o consumo do alimento pelos animais, pois a quantidade de lipídeos presente é suficiente para provocar odor e sabor desagradáveis. Dessa forma, é importante garantir uma concentração exata, para que os antioxidantes não tenham ação pró-oxidante.

Outro ponto que deve ser salientado é que os antioxidantes devem ser adicionados aos alimentos e às rações o mais rápido possível para que ocorra inibição do início da oxidação, pois esses microingredientes não podem reverter o processo de oxidação que já ocorreu.

Em virtude dos possíveis problemas provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, as pesquisas têm-se voltado para encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associação entre eles. Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados os tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia.

Ao fim do estudo, nota-se que os lipídeos são substâncias que possuem alto valor nutritivo e energético. Porém, lipídeos oxidados possuem efeitos bem opostos, gerando produtos perigosos para a saúde, que acarretam prejuízos nutricionais, destruição de vitaminas essenciais, irritação da mucosa intestinal, que levam à diminuição da absorção, propiciando infecções diversas pela queda da imunidade, além de danos hepáticos, renais, distúrbios enzimáticos no geral e também favorecimento de mutações genéticas.

Quando a questão é nutrição, a oxidação lipídica é muito relevante, pois causa deterioração considerável na qualidade sensorial e nutricional dos alimentos, além de formar substâncias tóxicas que possuem grande influência no aparecimento de doenças.

## REFERÊNCIAS

- ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **B. Ceppa**, v.19, p.353-380, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5380/cep.v19i2.1243>.
- BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, p.113-123, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000100021>.
- BASSAGANYA-RIERA, J.; HONTECILLAS-MAGARZO, R.; BREGENDAHL, K.; WANNEMUEHLER, M.J.; ZIMMERMAN, D.R. Effects of dietary conjugated linoleic acid in nursery pigs of dirty and clean environments on growth, empty body composition, and immune competence. **Journal of Animal Science**, v.79, p.714-721, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.793714x>.
- BELINATO, G. **Estudo da oxidação dos óleos de soja e dendê aditivados com antioxidantes para uso em tratamentos térmicos de têmpera**. 121p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2012.
- CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.G. de; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v.30, p.441-449, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200036>.
- CHOE, E.; MIN, D.B. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.5, p.169-186, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>.
- DEMNICIS, B.B.; MARTINS, C.B. (Org.). **Tópicos especiais em Ciência Animal III**. Alegre: Caufes, 2014.

- ESTERBAUER, H. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.57, p.779-786, 1993. Supplement. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/57.5.779S>.
- GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. **Recent advances in animal nutrition**. Thrumpton: Nottingham University Press, 1995.
- GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B. da; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios de aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.
- JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos Vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v.36, p.169-189, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90040-X).
- KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, v.12, p.63-81, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(92\)90059-P](https://doi.org/10.1016/0891-5849(92)90059-P).
- LINDSAY, D.G. Dietary contribution to genotoxic risk and its control. **Food and Chemical Toxicology**, v.34, p.423-431, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(96\)00125-1](https://doi.org/10.1016/0278-6915(96)00125-1).
- MATHIAS, S.P.; ROSENTHAL, A.; GASPAREL, A.; DELIZA, R.; SLONGO, A.P.; VICETE, 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**, v.30, p.852-857, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400003>.
- O'SHEA, M.; BASSAGANYA-RIERA, J.; MOHEDE, I.C.M. Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, p.1199-1206, 2004. Supplement. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1199S>.
- OARADA, M.; MIYAZAWA, T.; FUJIMOTO, K.; ITO, E.; TERAOKA, K.; KANEDA, T. Degeneration of lymphoid tissues in mice with the oral intake of low molecular weight compounds formed during oil autoxidation. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.52, p.2101-2102, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb1961.52.2101>.
- OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006.
- ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v.29, p.755-760, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>.
- REGINA, R. (Coord.). **Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos**. São Paulo: Fundação Cargill, 2010.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V. da; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.
- TAVERNARI, F. de C. Interação nutrição e sistema imune em frangos de corte e aditivos promotores de crescimento. **Avicultura Industrial**, ano106, p.16-23, 2015.
- VANNUCCHI, H.; MOREIRA, E.A.M.; CUNHA, D.F. da; JUNQUEIRA-FRANCO, M.V.M.; BERNARDES, M.M.; JORDÃO-JR, A.A. Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica e no sistema de defesa antioxidante. **Medicina, Ribeirão Preto**, v.31, p.31-44, 1998. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v31i1p31-44>.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Versão eletrônica.
-