

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**LUARA KARINA MACCARI**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ANTIOXIDANTES NO  
TEMPO DE PRATELEIRA DA FARINHA DE LARVA DE  
MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*)**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**LUARA KARINA MACCARI**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ANTIOXIDANTES NO  
TEMPO DE PRATELEIRA DA FARINHA DE LARVA DE  
MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para  
obtenção do Diploma de Graduação em Zootecnia  
da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Profa. Dra. Priscila de Oliveira  
Moraes

Coorientador: Prof. Dr. Diego Peres Netto

**FLORIANÓPOLIS – SC**

2022

Luara Karina Maccari

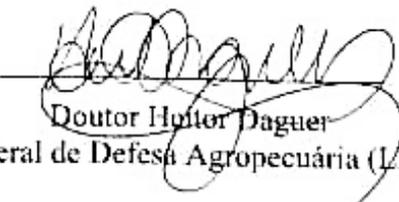
**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ANTIOXIDANTES NO TEMPO DE  
PRATELEIRA DA FARINHA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRO  
(*Hermetia illucens*)**

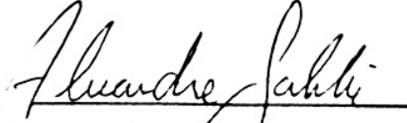
Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 15 de julho de 2022

**Banca Examinadora:**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Priscila de Oliveira Moraes  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
Doutor Hultor Daguer  
Laboratório Federal de Defesa Agropecuária (LFDA) - MAPA

  
Doutor Alexandre Mossate Gabbi  
Eurotec Nutrition

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Maccari, Luara Karina

Influência de diferentes antioxidantes no tempo de prateleira da farinha de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) / Luara Karina Maccari ; orientadora, Priscila de Oliveira Moraes, coorientador, Diego Peres Netto, 2022.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. Farinha de insetos. 3. Antioxidantes.  
4. Índice de peróxidos. 5. Aminoácidos biogênicos. I. Moraes,  
Priscila de Oliveira. II. Netto, Diego Peres. III.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Zootecnia. IV. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu pai, Raul Maccari, que desde o início da graduação me incentivou e me encorajou nos momentos mais difíceis. Obrigada por todo apoio, carinho, amor, dedicação e por sempre acreditar em mim.

A minha irmã Luana Maccari, por sempre estar disponível, mesmo que longe, me ajudando, apoiando e ouvindo.

Ao meu namorado, Gabriel, que esteve ao meu lado nos melhores e nos piores momentos, acreditando em mim quando nem eu mesma acreditava. Obrigada por todo o companheirismo e amor diante da minha jornada acadêmica.

A minha gatinha de estimação, por se fazer calmaria em meio a tempestade.

A minha amiga Rafaela Rissardi, que mesmo distante se fez presente em todos os momentos que precisei, dando palavras de apoio e conforto.

A minha colega, e amiga, Laura S. Weiland, a qual tive o prazer de conviver durante toda a graduação e agora dividir esse momento com ela.

Ao curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Catarina, seu corpo docente e todos os outros profissionais com quem tive convívio, os quais auxiliaram na minha formação profissional.

A minha orientadora, Professora Priscila de Oliveira Moraes, por me acolher nesse momento tão importante e delicado da minha vida. Obrigada por toda a orientação, dedicação, comprometimento e acolhimento nos momentos de desespero.

Ao professor Diego Peres Netto, pelo apoio e dedicação durante a realização deste trabalho.

Ao LFDA/MAPA e a Eurotec Nutrition pelo investimento na pesquisa.

Muito obrigada!

## RESUMO

O principal objetivo deste estudo foi caracterizar o valor nutricional e o tempo de prateleira da farinha de larva de mosca soldado negro com adição de butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT) ou óleo essencial de alecrim, através do índice de peróxidos e amins biogênicas, durante o período de 60 dias. Para isso os diferentes tratamentos passaram por análises da composição bromatológica ao tempo 0 e 60, a fim de avaliar matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo. Já as análises de índice de peróxidos e amins biogênicas foram realizadas no tempo 0, 3, 7, 14, 28, 42 e 60 dias. Neste estudo foi possível observar que houve interação entre o tempo avaliado e os tratamentos, em relação às análises de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. Em qualquer tempo avaliado o nível de extrato etéreo foi maior para o tratamento com óleo essencial de alecrim ( $p < 0,05$ ). Quando observado isoladamente, o tratamento com BHT apresentou redução de 1,92% no teor de extrato etéreo. Para a matéria mineral não houve interação entre o tempo e o tratamento avaliado, houve apenas efeito do tempo, que indiferentemente do tratamento, houve uma redução na matéria mineral. Os valores de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo foram, em média, 94,5%, 41,4% e 31,1% respectivamente. O índice de peróxidos apresentou variações ao longo do período de armazenamento, formando uma linha de tendência. O valor máximo de índice de peróxidos para o tratamento com BHT e óleo essencial de alecrim foi no dia 0, apresentando 13,44 e 18,7 mEq/kg, respectivamente. Por outro lado, o tratamento controle e BHT apresentaram pico de peróxidos no dia 42, com 12,8 e 12,75 mEq/kg, respectivamente. Indiferentemente do tratamento o pico encontrado para o índice de peróxido ocorreu aos 0 dias reduzindo até 14 dias, voltando a aumentar com um novo pico aos 42 dias e reduzindo novamente aos 60 dias. Para os tratamentos, indiferentemente do tempo avaliado, observa-se que o tratamento com o óleo essencial de alecrim apresentou os maiores índices de peróxidos quando comparado com os demais ( $p < 0,05$ ). Através dos resultados obtidos, verificou-se que o tratamento controle e os tratamentos contendo antioxidante BHT e BHA mostraram-se mais eficientes para aumentar a estabilidade oxidativa da farinha de larvas de mosca soldado negro, quando comparados ao tratamento adicionado de óleo essencial de alecrim.

**Palavras-chave:** amins biogênicas, BHA, BHT, farinha de insetos, *Hermetia illucens*, índice de peróxidos, óleo essencial de alecrim, oxidação, *shelf life*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ovos e larvas de mosca soldado negro até os 20 dias de desenvolvimento .....	16
Figura 2 - Mosca do soldado negro adulta. (M) macho e (F) fêmea.....	16
Figura 3 - (a) Histamina, (b) tiramina, (c) cadaverina, (d) putrescina, (e) espermidina, (f) espermina, (g) feniletilamina, (h) triptamina .....	24
Figura 4 - Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica.....	27
Figura 5 - Estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos .....	29
Figura 6 - Processo de fabricação da farinha de larva de mosca soldado negro .....	31
Figura 7 – Comparação da matéria mineral da farinha de larva de mosca soldado negro, nos diferentes tratamentos e tempos.....	36
Figura 8 - Índice de peróxidos obtidos para farinha de larvas de mosca soldado negro pura e com antioxidantes armazenadas durante 60 dias .....	37
Figura 9 - Efeitos principais para índice de peróxidos. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor nutricional das larvas desidratadas de mosca soldado negro, larva desidratada de tenébrio e larva desidratada de mosca doméstica .....	15
Tabela 2 - Padrões de identidade e qualidade de alguns tipos de farinha de origem animal. ....	21
Tabela 3 - Valores encontrados para matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta da farinha de larva de mosca soldado negro com seus diferentes tratamentos e tempos.....	35
Tabela 4 - Valores encontrados na literatura e valores analisados de macro e microminerais da farinha de larva de mosca soldado negro.....	37
Tabela 5 - Perfil de ácidos graxos da gordura de farinha de larva de mosca soldado negro. ....	40
Tabela 6 - Quantificação das aminas biogênicas na farinha de larva de mosca soldado negro.....	42

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	12
2.1.	Objetivos específicos .....	12
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1.	Uso de insetos na alimentação animal .....	13
3.1.1	Farinha de larva de mosca soldado negro ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	15
3.2.	Legislação .....	18
3.3.	<i>Shelf life</i> das farinhas utilizadas na nutrição animal .....	19
3.3.1.	Importância do <i>shelf life</i> .....	19
3.3.2.	Estudos com o tempo de prateleira de farinhas de origem animal.....	20
3.3.3.	Avaliação do tempo de armazenamento via índice de peróxidos .....	22
3.3.4.	Aminas biogênicas.....	23
3.4.	Antioxidantes.....	26
3.4.1.	O que são e como agem .....	26
3.4.2.	BHA e BHT .....	29
3.4.3.	Óleo essencial de alecrim .....	30
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
4.1.	Produção da farinha de larva de mosca soldado negro .....	31
4.2.	Tratamentos experimentais .....	32
4.3.	Qualidade da farinha de larva de mosca soldado negro.....	32
4.3.1.	Composição bromatológica .....	32
4.3.2.	Índice de peróxidos.....	33
4.3.3.	Aminas biogênicas.....	34
4.4.	Análise estatística .....	34
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
5.1.	Resultados da análise bromatológica da farinha de larva de mosca soldado negro.....	35
5.2.	Análise da oxidação lipídica da farinha de larva de mosca soldado negro .....	37
5.3.	Quantificação das aminas biogênicas .....	42
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	43
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a população mundial ultrapasse a marca dos 9,5 bilhões de habitantes até o ano de 2050 (ONU, 2012), sendo assim, a busca por alternativas alimentares, tanto humana quanto animal, se faz necessária. Junto ao aumento da população cresce também a população de animais, pets e de produção, criando uma disputa cada vez maior por fontes proteicas. A farinha de insetos se torna, então, uma alternativa para minimizar esta disputa.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) vem desde 2013 publicando estudos sobre a viabilidade do uso de insetos como fonte proteica, tanto para alimentação humana como animal. A produção de farinhas de origem animal e vegetal, utilizadas, em grande escala, para a alimentação animal, ocupam grandes espaços e geram toneladas de resíduos, além da grande demanda de alimento e inseticidas. A produção de insetos para o desenvolvimento de farinhas pode ser realizada em pequenas áreas, sendo facilmente adotado o sistema de cultivo orgânico, além da alimentação dos insetos partir da terra, não tendo a necessidade de cultivos para sua alimentação.

Dentre as principais espécies utilizadas como fontes proteicas, encontradas na literatura, está mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), que possui em média 35 a 57% de proteína bruta, ficando relativamente perto do percentual de proteína encontrado no farelo de soja, que hoje é um dos principais ingredientes utilizados na elaboração de dietas para animais (VELDKAMP et al., 2012). Além de boa fonte proteica, os insetos também são considerados ótimas fontes de aminoácidos essenciais e ácidos graxos (FINKE, 2012).

Além do potencial como fonte proteica, a mosca soldado negro também desempenha papel ambiental de grande importância como recicladora de resíduos orgânicos, principalmente resíduos de esterco suíno (FAO, 2013).

A farinha de larva de mosca soldado negro apresenta altos níveis de extrato etéreo, um dos fatores que pode levar a um aumento da oxidação lipídica, que é responsável pela deterioração da matéria prima, desenvolvendo odores e sabores desagradáveis, comprometendo a palatabilidade, aceitabilidade e degradando ácidos graxos essenciais e vitaminas (GROSS et al., 2013; MEDINA-MEZA et al., 2014). O índice de peróxidos é um dos métodos largamente conhecido e utilizado, o qual é responsável por quantificar indiretamente os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação lipídica. Outra análise utilizada como indicativo de qualidade e frescor das matérias primas utilizadas na alimentação animal é o índice de aminas biogênicas, em especial cadaverina, histamina,

putrescina e tiramina, as quais são frutos da decomposição das proteínas (TAKEMOTO et al., 2014)

Para evitar a oxidação lipídica em amostras com altos índices de extrato etéreo são utilizados antioxidantes, os quais são substâncias, que quando adicionados em baixas concentrações, são capazes de inibir ou retardar a oxidação lipídica do substrato ao qual está presente. Os antioxidantes podem ser sintéticos como o butilhidroxianisol (BHA) e o butilhidroxitolueno (BHT), ou natural como o óleo essencial de alecrim.

## 2. OBJETIVO

Caracterizar o valor nutricional e o tempo de prateleira da farinha de larva de mosca soldado negro com adição de butil hidroxianisol (BHA), hutil hidroxitolueno (BHT) ou óleo essencial de alecrim, através do índice de peróxidos e amins biogênicas durante 60 dias.

### 2.1. Objetivos específicos

- Caracterizar o valor nutricional da farinha de larvas de mosca soldado negro por meio de análise bromatológica;
- Avaliar o tempo de prateleira da farinha de larvas de mosca soldado negro por meio dos índices de peróxidos e de amins biogênicas;
- Avaliar a estabilidade oxidativa da farinha de larvas de mosca soldado negro com adição de BHA, BHT ou óleo essencial de alecrim.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Uso de insetos na alimentação animal

Em virtude do aumento expressivo da população, estimado que em 2050 a população ultrapasse a marca de 9,5 bilhões de habitantes (ONU, 2012), a busca por fontes proteicas alternativas e sustentáveis se faz necessária. Como consequência do crescimento populacional, a disponibilidade de água limpa e terras agricultáveis se tornarão cada dia mais escassas (MACEDONIO et al. 2012). Estimativas apontam que a produção de proteínas terá que aumentar em 70%, para que seja capaz de alimentar a população humana em 2050 (IFIF, 2012, 2013). Junto com o aumento da carne, a demanda por grãos e alimentos proteicos de origem vegetal também cresce, uma vez que grande parte desses alimentos são utilizados na alimentação animal. Um estudo realizado por CASSIDY et al., (2013) mostrou que 36% das calorias produzidas por meio da agricultura no mundo são destinadas para a alimentação animal, enquanto apenas 12% são destinadas à alimentação humana.

Os insetos mais promissores a serem utilizados na nutrição animal são larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), larva e pupa de mosca doméstica (*Musca domestica*) e as larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*) (FAO, 2013). Pesquisas realizadas sobre o uso de farinhas de insetos na alimentação de animais não ruminantes mostram que eles possuem grande potencial como alimento, pois além de serem ótima fonte de proteína, dependendo da espécie utilizada, estágio de desenvolvimento e substrato usado como alimento, também possuem um perfil adequado de aminoácidos (SÁNCHEZ-MUROS et al., 2014). A mosca doméstica apresenta níveis proteicos variando entre 43 e 68%, tenébrio entre 44 e 69% e a mosca soldado negro entre 35 e 57%, ficando relativamente perto do percentual de proteína encontrado no farelo de soja, próximo a 49%, que é hoje um dos principais ingredientes utilizados na elaboração de dietas para animais (VELDKAMP et al., 2012).

Além de excelentes fontes de proteínas, os insetos também são boas fontes de lipídeos (MAKKAR, et al., 2014). O teor de gordura pode variar entre 7 a 77%, baseado na matéria seca (MS), e a energia pode variar entre 2930 a 7620 kcal/kg de matéria seca (RAMOS-ELORDUY, 1997).

A farinha de mosca soldado negro pode ser feita a partir de larvas, pré-pupas e moscas adultas. Seu percentual de gordura pode variar dependendo do substrato com o qual são alimentados, apresentando valores entre 15 a 25%, quando alimentadas com cama

aviária (ARANGO GUTIERREZ et al., 2004). Possui teor de cinzas elevado, variando entre 11 a 28%, com base na matéria seca. São ricas em cálcio (6 a 8% da MS), e fósforo, (0,6 a 1,5% da MS) (NEWTON et al. 1977, ST HILAIRE et al., 2007). Possui lisina alta, apresentando valores entre 6 e 8% da PB (NEWTON et al., 2005). O perfil de aminoácidos pode variar de acordo com a composição de ácidos graxos da dieta ao qual são alimentados. Quando alimentados com estrume de vacas apresentam 21% de ácido láurico, 16% de ácido palmítico, 32% de ácido oleico e 0,2% de ácidos graxos ômega-3 (ST-HILAIRE et al., 2007).

A farinha de larva de tenébrio possui entre 47 e 60% de proteína bruta e 31 a 43% de gordura. O teor de cinzas é menor, quando comparado com a farinha de mosca soldado negro, além de possuir baixa relação de cálcio e fósforo.

As larvas de mosca doméstica possuem cerca de 30% de matéria seca e 54% de proteína bruta, baseado na matéria seca. Também são ricas em lisina, metionina, treonina e ácido aspártico (BOSCH et al., 2016). Na Tabela 1 é possível observar o valor nutricional das larva desidratadas e mosca soldado negro, larva desidratada de tenébrio e larva desidratada de mosca doméstica.

**Tabela 1** - Valor nutricional das larvas desidratadas de mosca soldado negro, larva desidratada de tenébrio e larva desidratada de mosca doméstica

Variáveis	Unidade	Larva desidratada mosca soldado negro	Larva desidratada de tenébrio	Larva desidratada mosca doméstica
Matéria seca	%	91,30	90,00	92,80
Proteína bruta	% MS	42,10	52,80	51,30
Extrato etéreo	% MS	25,00	36,10	23,40
Cinza	% MS	20,60	3,10	6,24
Energia bruta	kcal/kg MS	5258	6214	6401
MINERAL				
Cálcio	g/kg MS	5,60	2,70	4,70
Fósforo	g/kg MS	9,00	7,80	16,00
Potássio	g/kg MS	6,90	8,90	5,70
Sódio	g/kg MS	1,30	0,90	5,20
Ferro	mg/kg MS	1370	570	1000
AMINOÁCIDOS				
Lisina	% PB	6,60	5,40	6,90
Metionina	% PB	2,10	1,50	2,20
Treonina	% PB	3,70	4,00	3,30
Triptofano	% PB	0,50	0,60	3,20
ÁCIDOS GRAXOS				
Ácido láurico C 12:0	% EE	21,00	0,50	0,00
Ácido palmítico C 16:0	% EE	16,00	21,10	3,10
Ácido oleico C 18:1	% EE	32,00	37,70	2,48
Ácido linolênico C 18:3	% EE	0,20	1,30	1,98

Fonte: Adaptado de FINKE (2002); MAKKAR et al. (2014); TUBIN (2017) e VILELLA (2018).

### 3.1.1 Farinha de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*)

A mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) é pertencente à ordem Díptera, família *Stratiomyidae*, subfamília *Hermetiinae*. Possui desenvolvimento holometabólico (ovo, larva, pré-pupa, pupa e adultos). Sendo nativa das regiões tropicais, subtropicais e temperadas do continente americano, mas hoje é cosmopolita (CARUSO et al, 2014).

A reprodução de mosca soldado negro, em cativeiro, iniciou com BOOTH e SHEPPARD (1984), após verificarem a viabilidade do uso dela na alimentação de suínos. É um dos primeiros artigos publicados que ajudam a entender sobre a produção em grande escala de mosca soldado negro, além do relato dos hábitos, média de ovos postos, horários de postura e a preferência de ambiente. TOMBERLIN e SHEPPARD (2002) afirmam que

o horário do dia, luminosidade e a umidade relativa do ar influenciam o acasalamento e a quantidade de ovos postos.

A oviposição costuma ocorrer em frestas e/ou ranhuras de materiais secos localizados próximos a uma fonte de matéria orgânica úmida em decomposição. São postos cerca de 1000 ovos e o período de incubação é de 3 a 4 dias a 24°C (TOMBERLIN, SHEPPARD, 2002). A transição de larva para adultos ocorre com a passagem pelo estágio de ninfa. Larvas e adultos possuem diferentes morfologias e hábitos de vida, uma vez que as larvas são saprófagas e fotofóbicas, se alimentando de restos de matéria orgânica. Quando adultas não se alimentam, utilizando de reserva energética adquirida no estágio de larva, morrendo logo após realizar a ovipostura (CANARY, 2009). A fase larvar é compreendida por 5 estágios e leva em torno de 20 dias para atingir a fase de pré-pupa, podendo variar em função da disponibilidade de alimento e condições físicas (GOBBI, 2012) (Figura 1). Quando adultos são quase inteiramente negros e a diferenciação sexual é baseada em sua genitália (OONINCX, et al., 2016).



**Figura 1** - Ovos e larvas de mosca soldado negro até os 20 dias de desenvolvimento. Fonte: CARUSO et al. (2014).



**Figura 2** - Mosca do soldado negro adulta. (M) macho e (F) fêmea. Fonte: OONINCX et al. (2016).

Uma das vantagens da criação de mosca soldado negro é que são animais extremamente resistentes e capazes de lidar com condições ambientais adversas, como escassez de alimentos, seca ou deficiência de oxigênio (DIENER et al., 2011). A mosca soldado negro não é um vetor de zoonoses, uma vez que não faz oviposição em substrato

que se encontra em estado de decomposição. Além de não possuírem aparelho bucal funcional quando adultos (VAN HUIS et al, 2013).

A farinha de mosca soldado negro, pode ser feita a partir das larvas, pré-pupas e moscas adultas, sendo o mais comum a utilização de pré-pupas. A nutrição e a idade são fatores que influenciam no nível de proteína. Larvas com 5 dias de vida alimentadas com fígado apresentaram maiores teores de proteína (RACHMAWATI et al, 2010; NGUYEN et al. 2015).

O uso da farinha de mosca soldado negro como fonte proteica alternativa para a alimentação animal vem sendo discutido há mais de 40 anos, tendo início com NEWTON et al. (1977), quando produziram mosca soldado negro utilizando como substrato esterco de gado, a fim de somar esses animais a dieta de suínos. Elaboraram um mix de farinha de pré-pupas de mosca soldado negro, juntamente ao farelo de soja, e, a partir disso, surgiu a necessidade da realização de mais estudos e trabalhos com o intuito de aprofundar os conhecimentos sobre a criação e a composição nutricional desses animais.

Os primeiros estudos realizados no ramo da piscicultura ocorreram na década de 80 com BONDARI e SHEPPARD (1981). Bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e tilápia azul (*Oreochromis aureus*) foram alimentados com larvas de mosca soldado negro picadas e inteiras. NEWTON et al., (2005) mostraram viável a inclusão de até 30% de farinha de pré-pupa de mosca soldado negro na alimentação de bagre do canal, sem prejuízos no ganho de peso desses animais.

Além da utilização de farinha de mosca soldado negro para a alimentação de animais de produção, também são encontrados artigos utilizando a mesma na alimentação de crocodilos (BODRI e COLE, 2007) e rãs (DIERENFELD e KING, 2009). Mas apresentaram resultados inferiores, de ganho de peso e comprimento focinho-ventre, quando comparado a rações comerciais testadas. Já a sua utilização na alimentação de lagartos e anfíbios foi positiva (DIERENFELD e KING, 2009).

Os estudos mais atuais que incluem a mosca soldado negro na dieta de peixes, aves e suínos mostram que a substituição dos alimentos tradicionais pela farinha de mosca soldado negro deve ocorrer parcialmente. Devido a existência de alguns fatores que podem afetar o desempenho desses animais, quando alimentados apenas com a farinha de mosca soldado negro. KROECKEL et al., (2002) relata que apesar da mosca soldado negro possuir um alto teor de proteína, também possui um alto teor de gordura, a qual pode afetar a digestibilidade ou a palatabilidade da dieta. Uma das alternativas apresentadas para que se possa aumentar a porcentagem de substituição e ajudar na digestibilidade e palatabilidade

é fazer a utilização da farinha de mosca soldado negro desengordurada (LI et al., 2013). No entanto, devido ao alto teor de cinzas, quando incluída em grande porcentagem, pode diminuir o consumo de ração e causar efeitos adversos (MAKKAR et al., 2014). Também é necessário ter cuidado com a procedência da farinha em que está sendo utilizada, uma vez que a quantidade de proteína, matéria mineral, gordura, ácidos graxos e aminoácidos pode mudar com relação ao substrato pelo qual os animais são alimentados (ARANGO GUTIERREZ et al., 2004; NEWTON et al., 2005; ST-HILAIRE et al., 2007).

São escassos os estudos sobre a utilização de farinha de insetos, em especial mosca soldado negro, na alimentação pet. BOSCH et al. (2014, 2016) realizou testes de digestibilidade *in vitro* em cães, utilizando a adição de 15% de farinha de mosca soldado negro. O estudo mostrou que não houve alterações na microbiota intestinal dos cães, nem em seus parâmetros sanguíneos. Sendo também avaliada a palatabilidade e aceitação, a qual foi positiva, fornecendo informações que a farinha de mosca soldado negro pode ser utilizada com uma fonte proteica alternativa.

### 3.2. Legislação

O *Codex Alimentarius*, criado pela FAO e OMS, é um conjunto de padrões alimentares que necessitam ser adotados em níveis internacionais, a fim de produzir alimentos e matérias-primas de maneira uniforme e segura. Visando a integridade da saúde dos consumidores e garantindo práticas legais de comércio internacional de alimentos.

Na Europa o uso de proteína animal processada na alimentação de animais ruminantes e não ruminantes foi proibida em 2001, devido à alta taxa de Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB), pelo regulamento CE n° 999/2001. Em 2013, pelo regulamento n° 56/2013, é liberado a utilização de proteína animal processada, exceto de ruminantes, na aquicultura, porém, a utilização de farinha de insetos ainda não era uma realidade. Em 2018 então é liberada a utilização de proteína animal processada na alimentação de aves e suínos, sendo respeitada a reciclagem intra-espécie e a não utilização de proteínas de ruminantes. O regulamento CE n° 2017/893 autoriza a utilização de farinha de insetos na alimentação de animais da aquicultura. No dia 17 de agosto de 2021 a União Europeia traz a público a alteração no Artigos 2 do regulamento CE n° 999/2001, através da regulação CE n° 1372/2021, permitindo o uso de insetos na alimentação de aves e suínos, além da utilização na aquicultura, o qual já era permitido.

Com a alteração na legislação vêm uma série de fatores que necessitam cuidado para a utilização de insetos na alimentação desses animais. É necessário controle rígido na

coleta, transporte, manuseio, processamento e armazenamento desses produtos, uma vez que a contaminação cruzada precisa ser evitada, pois proteínas de ruminantes e reciclagem intra-espécies ainda são proibidas.

Infelizmente o uso de insetos e farinhas de insetos ainda não é uma realidade em todos os países. Nos Estados Unidos, em 2018 AAFCO (American Association of Feed Control Official) pediu para que o FDA (Food and Drug Administration) autorizasse o uso de mosca soldado negro, inteira ou em farinha, para ser utilizada na alimentação de frangos de corte e postura, sendo também concebido da mosca soldado negro na alimentação de salmonídeos e suínos. A aprovação para o uso de mosca soldado negro na alimentação de cães nos Estados Unidos está em processo aprovação.

No Canadá o uso de mosca soldado negro na alimentação de galinhas foi autorizado em 2016 pela Canadian Food Inspection Agency (CFIA). No ano de 2017 foi autorizado o uso de mosca soldado negro na aquicultura. No ano de 2018 a autorização da utilização de mosca soldado negro é estendida para todas as aves, não apenas galinhas.

Apesar do uso de insetos na alimentação de animais pet e de produção já ser uma realidade em outros países, no Brasil o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ainda não dispõe de regulamentação específica sobre a criação e utilização de insetos. Mesmo já havendo projetos pontuais registrados, junto ao MAPA, como produtores de insetos. O Brasil possui grande potencial para explorar a criação de insetos para a utilização na alimentação animal, uma vez que possui o clima ideal.

### 3.3. *Shelf life* das farinhas utilizadas na nutrição animal

#### 3.3.1. Importância do *shelf life*

O *shelf life*, ou tempo de prateleira, é o período durante o qual os alimentos permanecem seguros e adequados para consumo, desde que tenham sido armazenados de acordo com as condições de armazenamento indicados (GALVÃO et al., 2022). É definido como a data a qual o alimento mantém suas propriedades específicas de sabor, aroma, aparência, nutrientes e qualquer outra qualidade relacionada ao produto (OLIVEIRA et al., 2022).

Existem inúmeros fatores que afetam a vida útil dos alimentos, a começar pelos ingredientes. Proteínas, gorduras, carboidratos e vitaminas são os componentes alimentares que mais exibem mudanças importantes durante o tempo de prateleira, devido a influência de microrganismos, enzimas e condições de processamento. O tempo de prateleira das

gorduras é afetado principalmente pela concentração de ácidos graxos insaturados, uma vez que são propensos a oxidação durante a produção e armazenamento, especialmente na ausência de substâncias antioxidantes (MOSCHOPOULOU et al., 2019).

Os microrganismos são considerados fatores chave para manter a qualidade dos alimentos durante o tempo de prateleira, uma vez que possuem potencial deteriorante nos alimentos (NOTERMANS, 1993; MOSCHOPOULOU et al., 2019). As enzimas são encontradas naturalmente nos alimentos, podendo causar deterioração nos alimentos quando expostas a condições favoráveis para suas atividades. Enzimas produzidas a partir do crescimento microbiano podem deteriorar os alimentos através da indução de lipólise e/ou proteólise, resultando em sabores desagradáveis como ranço ou amargo (MOSCHOPOULOU et al., 2019).

Existem inúmeros processos que podem ser adotados a fim de aumentar o tempo de prateleira dos alimentos. O tratamento térmico é o mais utilizado, podendo ser aplicado em praticamente qualquer tipo de alimento. No entanto, podem alterar os compostos alimentares mais sensíveis, como as vitaminas (GAVAHIAN et al., 2018).

As condições de armazenamento como umidade relativa, temperatura, oxigênio e luz são parâmetros críticos que afetam a vida útil de alimentos perecíveis. Alimentos com altos índices de gordura e óleos, quando expostos a essas condições iniciam o processo de oxidação lipídica, acarretando rancidez das matérias-primas (MOSCHOPOULOU et al., 2019).

O *shelf life* dos alimentos depende de fatores intrínsecos e extrínsecos, que em muitos casos agem em conjunto. Consequentemente, a manutenção da qualidade dos alimentos é um procedimento complexo. Por isso é importante a adoção de boas práticas de fabricação e higiene (MASHOUPOULOU et al., 2019).

### 3.3.2. Estudos com o tempo de prateleira de farinhas de origem animal

Estima-se que cerca de 33 a 43% do peso vivo do animal não é utilizado para a alimentação humana, sendo utilizados como subprodutos na alimentação animal. O processamento industrial de animais de produção, como bovinos, aves, suínos e peixes, gera quantidade significativa de resíduos, os quais são formados por vísceras, carne, gordura ou banha, pele, pés, conteúdos intestinais, ossos, penas e sangue (HAMILTON, 2004; IRSHAD et al., 2015; MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015). Somente no ano de 2020 o Brasil processou 10 milhões de toneladas de resíduos de origem animal, fornecendo 3,5 milhões de toneladas de farinhas e 2 milhões de toneladas de gordura (ABRA, 2021).

As farinhas de origem animal são subprodutos não comestíveis, resultantes do processamento de resíduos animais, que atenda aos padrões de identidade e qualidade pré-estabelecidos, nos aspectos higiênicos-sanitários, tecnológicos e nutricionais (BRASIL, 2008; BRASIL, 2009). Na tabela 2 é possível observar os padrões de identidade e garantia de qualidade de alguns tipos de farinha de origem animal.

**Tabela 2** - Padrões de identidade e qualidade de alguns tipos de farinha de origem animal.

Parâmetro	Unidade	Tipos de Farinha			
		Penas hidrolisadas	Vísceras de aves	Vísceras suínas	Carne e ossos
Umidade (máx)	g/100 g	10	8	8	8
Proteína bruta (min)	g/100 g	80	55	46	45
Extrato etéreo (min)	g/100 g	2	10	12	8
Matéria mineral (máx)	g/100 g	4	15	33	40
Cálcio (máx)	g/100 g	2,47	5	7,28	14,1
Fósforo (min)	g/100 g	1,15	1,5	2,5	5
Relação Ca/P	-	-	-	2,15	2,15
Acidez (máx)	mg NaOH/g	2	3	6	2
Índice de peróxidos (máx)	mEq/kg	10	10	10	10

Fonte: Adaptado de Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007) e ROSTAGNO (2017).

É importante lembrar que a composição nutricional dos subprodutos de origem animal varia de acordo com o processamento, tipo e a proporção dos componentes originais. Onde o conhecimento da composição química é de grande relevância para a formulação de rações (NUNES et al., 2006).

A produção das farinhas de origem animal segue diferentes processos levando em consideração o tipo de matéria-prima de origem animal, por exemplo os de ruminantes ou não ruminantes. Para a produção das farinhas de animais não ruminantes, os resíduos que dão origem aos subprodutos são encaminhados diretamente do abatedouro para as unidades de beneficiamento de produtos não comestíveis, onde passam por diversos processos, sendo eles: fragmentação, cozimento, percolação, prensagem, moagem e peneiramento. Ao final do processamento o subproduto terá sido submetido, em média, a temperaturas acima de 110°C por no mínimo uma hora. Esse processamento térmico é indispensável para inativação da maioria dos agentes etiológicos das doenças de controle oficial (MEEKER, 2006; MEEKER, 2009; BRASIL, 2009).

Já os subprodutos oriundos de resíduos de animais ruminantes passam por processamento parecido aos de não ruminantes, com a diferença que a temperatura de processamento passa de 110°C para, no mínimo, 133°C, a 3 bars de pressão, pelo tempo

mínimo de 20 minutos, conforme orientações descritas pela Instrução Normativa nº 34 de 28 de maio de 2008 (BRASIL, 2008).

Alguns fatores influenciam no tempo de armazenamento das farinhas de origem animal, como a qualidade das matérias-primas cujas propriedades dependem diretamente da presença de impurezas e matérias estranhas. O tempo entre abate, processamento e armazenamento também são fatores que interferem na qualidade da farinha a ser utilizada na alimentação animal, podendo afetar o desempenho e a sanidade dos animais que irão ingerir esses alimentos (BELLAYER et al., 2005; BELLAYER, 2009).

Os padrões de identidade e qualidade dos subprodutos de origem animal é tratado no caput do artigo 327 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (Brasil, 2017). Os padrões de qualidade seguidos até o momento são referentes aos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo, acidez e índice de peróxidos (SINDIRAÇÕES, 2007). Os valores de referência estão relatados na tabela 2. A presença de aminas biogênicas também é utilizada como índice de qualidade, pois reflete as condições higiênicas prevalentes e o potencial toxicológico das matérias-primas.

### 3.3.3. Avaliação do tempo de armazenamento via índice de peróxidos

O índice de peróxidos é um método analítico capaz de medir lipoperóxidos, os quais são formados no início da oxidação, sendo então considerado um método de análise de produtos primários da oxidação (SHAHIDI et al., 2005). O índice de peróxidos é expresso em miliequivalentes de oxigênio ativo por quilograma de amostra. O método tradicional de determinação de índice de peróxidos consiste na titulação da fração lipídica, retirado de amostras, contendo iodeto de potássio em uma mistura de ácido acético e clorofórmio ou isooctano. Os lipoperóxidos oxidam o iodeto em iodo, o qual é determinado por titulação com tiosulfato de sódio (SILVA et al., 1999; SHAHIDI et al., 2005). A estabilidade oxidativa é utilizada como um padrão global para avaliação de qualidade dos lipídeos, refletindo na qualidade das matérias-primas, as condições as quais foram submetidas durante o processamento e as condições de estocagem (ANTONIASSI, 2001).

O método de análise de índice de peróxidos é criticado por inúmeros autores. Primeiro pela formação espontânea de lipoperóxidos, fazendo com que ocorra uma superestimação. O segundo problema é que se trata de um método realizado com titulação, sendo necessário que o analista tenha muita precisão e sensibilidade para determinação do final da titulação, principalmente em amostras onde o valor de peróxidos é baixo (SILVA

et al., 1999; SHAHIDI et al., 2005; BARRIUSO et al., 2013). É importante lembrar que os peróxidos são instáveis e formam componentes transitórios durante a oxidação.

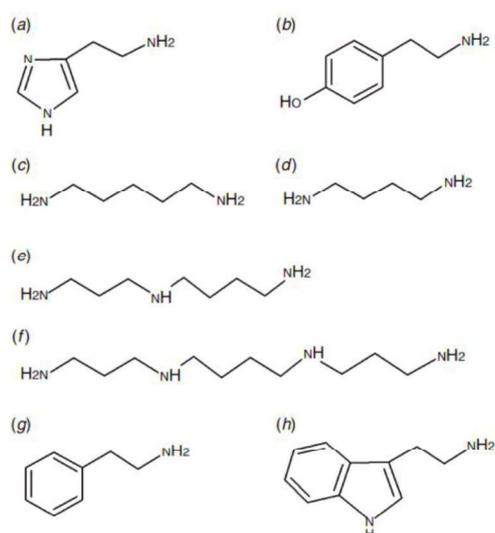
Os peróxidos em farinhas de origem animal são formados a partir da oxidação das ligações duplas dos ácidos graxos presentes na gordura das farinhas. Tendo como produto da oxidação os radicais livres, aldeídos e cetonas. Esses radicais livres quando em contato com oxigênio molecular forma um peróxido que, em reação com outra molécula oxidável, induz a formação de lipoperóxidos e outro radical livre. A partir disso, no momento inicial de peroxidação de gorduras, o valor do índice de peróxidos sobe, atingindo um pico e depois volta a declinar (BARRIUSO et al., 2013). Esse declínio na fase final é indicativo de altas concentrações de produtos secundários da oxidação, como aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres, conferindo odor de rancidez para as matérias-primas (MENTEN et al., 2003).

Quanto à legislação, o MAPA não dispõe de portarias que determinam valores máximos para índice de peróxidos em farinhas de origem animal. Por outro lado, o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007) descreve que valores até 10 mEq/kg são considerados seguros para índice de peróxidos em farinhas de carne bovina, farinhas de vísceras suínas, farinhas de penas hidrolisadas e farinhas de vísceras de aves.

#### 3.3.4. Aminas biogênicas

As aminas biogênicas são bases orgânicas nitrogenadas não voláteis e de baixo peso molecular derivadas por descarboxilação de aminoácidos, originados, em geral, por decomposição bacteriana ou por processos putrefativos de proteínas de origem animal (BARNES et al., 2001; RÊGO et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2015). Pode ser encontrada em todos os tipos de alimentos, rações, bebidas, em diferentes concentrações (BOVER-CID et al., 2014). As aminas biogênicas podem ser formadas e degradadas como resultado de atividades metabólicas normais em humanos, animais, plantas e microrganismos (EFSA, 2011). A formação de aminas biogênicas se dá pela disponibilidade de aminoácidos livres, presença de microrganismos descarboxilase positivos e condições que permitam o crescimento bacteriano e atividade descarboxilase, como má condições de armazenamento e fermentação. Existem evidências que a concentração de aminas biogênicas aumenta à medida que a qualidade higiênica do produto diminui (EFSA, 2011; RAMOS et al., 2014).

As aminas biogênicas são classificadas de acordo com a sua estrutura química como aminas aromáticas, histamina, tiramina, serotonina, feniletilamina e triptamina, diaminas alifáticas, putrescina e cadaverina, e poliaminas alifáticas, agmatina, espermidina e espermina (RUIZ-CAPILLAS E HERRERO, 2019). Na Figura 3 é possível observar a estrutura química dos três grupos de classificação. Também são classificadas de acordo com sua origem ou síntese, sendo classificadas como poliaminas quando são endógenas e formadas naturalmente por animais, plantas e microrganismos, e que desempenham papel importante em funções fisiológicas, e as aminas biogênicas que são formadas principalmente pela descarboxilação de aminoácidos livres, a partir da ação de enzimas descarboxilase, as quais são em grande maioria de origem microbiana (RUIZ-CAPILLAS E HERRERO, 2019).



**Figura 3** - (a) Histamina, (b) tiramina, (c) cadaverina, (d) putrescina, (e) espermidina, (f) espermina, (g) feniletilamina, (h) triptamina. Fonte: FEDDERN et al. (2019).

A formação das aminas biogênicas é influenciada por vários fatores, podendo ser dividido em três grupos: matéria-prima, microrganismos e condições de processamento e armazenamento. Esses fatores atuam de forma combinada, nunca isolados e, a ação combinada desses fatores irá determinar o perfil final da amina biogênica e as concentrações delas. Sendo assim, para garantir a qualidade dos alimentos, levando em consideração a presença de aminas biogênicas, é imprescindível a utilização de matérias-primas de qualidade (TRIKI et al., 2018).

Cerca de um terço a metade de cada animal produzido para carne, leite e ovos não são consumidos por humanos (MEEKER, 2009), passando por processamentos onde esses resíduos são transformados em subprodutos, com uso importante e valioso na alimentação

de suínos, aves, aquicultura e animais de companhia. Essas matérias-primas são alimentos altamente perecíveis, os quais podem sofrer ação de microrganismos, causando degradação de compostos primários em compostos tóxicos, prejudicando a saúde humana e animal. O alto teor de proteínas e aminoácidos livres presentes nessas matérias-primas são favoráveis para o crescimento de bactérias produtoras de aminas biogênicas (BOVER-CID et al., 2006). O índice de aminas biogênicas, que é a soma de histamina, cadaverina, putrescina e tiramina pode ser utilizado como marcador de integridade de produtos cárneos (RUIZ-CAPILLAS e JIMÉNEZ-COLMENERO, 2004).

Dentre as aminas biogênicas citadas, a histamina e tiramina são consideradas as mais tóxicas, sendo as mais relevantes para a segurança sanitária dos alimentos. No entanto, outras aminas biogênicas também apresentam relevância, como a putrescina e cadaverina, que quando presente junto a histamina e tiramina, potencializam ainda mais os efeitos tóxicos (TAKEMOTO et al., 2014).

A fim de evitar a produção de aminas biogênicas, os subprodutos de origem animal devem ser processados imediatamente após o abate, com a finalidade de evitar o crescimento de microrganismos, os quais são responsáveis pela produção potencial de aminas biogênicas (DEN BRINKER et al., 2003). O processamento de subprodutos normalmente envolve como forma de tratamento calor e pressão durante um período mínimo, o qual é responsável pela inativação de contaminantes microbianos, evitando a produção de aminas biogênicas (FEDDERN et al., 2019). Entretanto, às vezes o processamento térmico não é suficiente para eliminar os microrganismos responsáveis pela formação das aminas biogênicas. Fazendo com que a produção de aminas biogênicas seja iniciada durante o armazenamento das matérias-primas (KALAC, 2013). Além da temperatura, o pH é outro fator importante que influencia na formação de aminas biogênicas, uma vez que a atividade das descarboxilases de aminoácidos é maior em condições ácidas, com pH entre 4,0 e 5,5 (DURAK-DADOS et al., 2020).

Pequenas doses de aminas biogênicas que são ingeridas possuem baixa toxicidade, sendo rapidamente metabolizadas pelo sistema digestivo. Porém o consumo de altas concentrações causa sérios danos à saúde humana (RUIZ-CAPPILAS e JIMÉNEZ-COLMENERO, 2004; MCCABE-SELLERS et al., 2006). São poucos os estudos acerca da toxicidade das aminas biogênicas em animais. KEIRS e BENNETT (1993) realizaram um estudo com dietas comerciais para frango de corte com altos teores de feniletilamina, putrescina, cadaverina, histamina e tiramina. A alta concentração de aminas biogênicas encontradas resultaram na queda do desempenho, danos no intestino dos animais, além do

aumento de erosão de moela e proventrículo, redução da taxa de crescimento e presença excessiva de muco no intestino superior.

A partir disso, o monitoramento de formação de amins biogênicas se torna um indicativo de qualidade e validade de matérias-primas ao longo de toda cadeia alimentar. Ainda sendo necessário mais estudos sobre a toxicidade das amins biogênicas na nutrição animal. Também não existe uma legislação específica sobre os valores máximos permitidos de amins biogênicas para a comercialização de alimentos.

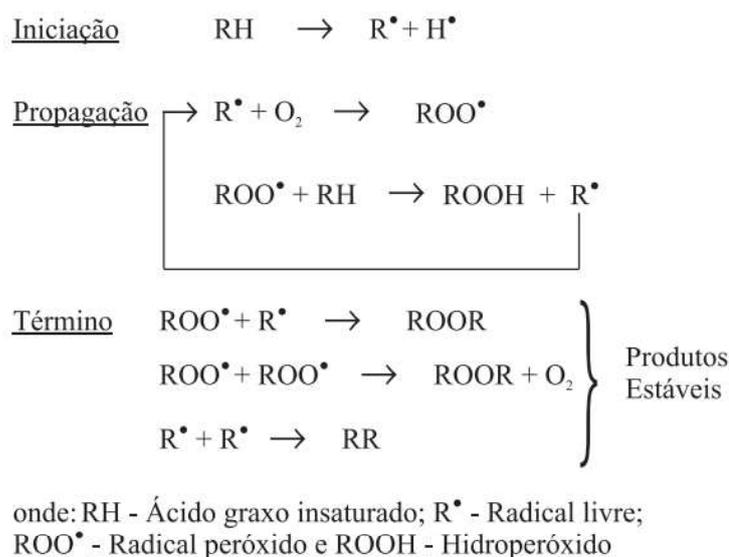
### 3.4. Antioxidantes

#### 3.4.1. O que são e como agem

Os antioxidantes podem ser definidos como substâncias capazes de retardar ou inibir a oxidação lipídica do substrato ao qual está presente (HALLIWELL et al., 1995), prolongando o tempo de prateleira de alimentos com altos índices de lipídeos. A oxidação lipídica produz radicais livres e lipoperóxidos, os quais reagem podendo formar aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres e hidrocarbonetos de cadeia curta, criando odores e sabores desagradáveis aos alimentos, comprometendo a palatabilidade e aceitabilidade (MEDINA-MEZA et al., 2014), além da degradação de ácidos graxos essenciais e vitaminas (CLOE e MIN, 2006). Sendo assim, a adição de antioxidantes em alimentos destinados a alimentação animal se faz necessária, a fim de assegurar a qualidade dos nutrientes, características organolépticas e segurança nutricional (GROSS et al., 2013). Alguns critérios devem ser levados em conta na escolha dos antioxidantes a serem utilizados em alimentos, onde eles não devem apresentar cor, odor ou sabor, além de não modificar as características dos alimentos. Também devem ser eficazes em baixas concentrações e de fácil solubilidade. Além dessas características citadas, a escolha de um antioxidante também deve considerar outros fatores, como custo, preferência do consumidor por antioxidantes naturais e, principalmente, legislação (RAMALHO e JORGE, 2006).

A oxidação lipídica pode ocorrer por diferentes caminhos, sendo por reações hidrolíticas, oxidação enzimática, fotooxidação e autooxidação. As reações hidrolíticas catalisadas pela ação de calor e umidade ou pelas enzimas lipase, formando ácidos graxos livres (BARRERA-ARELLANO, 1993). A oxidação enzimática ocorre por ação das enzimas lipoxigenases, as quais atuam sobre os ácidos graxos poliinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poliinsaturada, resultando assim na formação de peróxidos e hidroperóxidos, os quais podem se envolver em reações degradativas (RAMALHO e JORGE, 2006; BARRERA-ARELLANO, 1993; HALLIWELL et al, 1995;

SILVA et al., 1999). A fotoxidação ocorre pela radiação UV, na presença de fotossensibilizadores (clorofila, mioglobina, riboflavina e outros) os quais absorvem energia luminosa de comprimento de onda na faixa visível, transferindo para o oxigênio triplete ( $3O_2$ ) gerando o estado singlete ( $1O_2$ ). Esse oxigênio singlete reage diretamente com ligações duplas por adição, formando então lipoperóxidos diferentes dos que se observam na ausência de luz e sensibilizados, originando posteriormente, via degradação, aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (SILVA, BORGES, FERREIRA, 1999; JADHAV et al., 1996, RAMALHO e JORGE, 2006). A autoxidação é o principal mecanismo de oxidação de óleos e gorduras (BERGER et al., 1995), a qual está associada a reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados, ocorrendo em três etapas: iniciação, propagação e término (RAMALHO e JORGE, 2006), demonstrado na Figura 4. Na iniciação, ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo, devido a retirada de um hidrogênio do carbono alélico na molécula do ácido graxo, quando em condições favoráveis de luz e calor (TOLEDO, ESTEVES, HARTMANN, 1985). Na propagação, os radicais livres ficam susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico, sendo convertidos em outros radicais, aparecendo assim os produtos primários de oxidação (TOLEDO, ESTEVES, HARTMANN, 1985). Já no término, dois radicais livres combinam-se, com a formação de produtos estáveis, também chamados de produtos secundários de oxidação, os quais são obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos, epóxidos, compostos voláteis e não voláteis (SILVA, BORGES, FERREIRA, 1999; BERGER E HAMILTON, 1995)



**Figura 4** - Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica. Fonte: Ramalho e Jorge (2006).

Para evitar, ou retardar, a autoxidação de óleos, gorduras e alimentos com altos índices de gordura é necessário diminuir a ação de todos os fatores que favorecem a autoxidação, mantendo ao mínimo os níveis de energia que são responsáveis pelo desencadeamento do processo de formação de radicais livres, luz e temperatura. O uso de antioxidantes, em pequenas quantidades, atua evitando o contato do oxigênio, bloqueando a formação de radicais livres, interferindo no processo de oxidação lipídica (RAMALHO E JORGE, 2006).

O primeiro estudo registrado sobre a utilização de antioxidantes foi feito por Berthollet em 1797, o qual estudou o retardamento das reações oxidativas por certos compostos. Desde então, o uso de antioxidantes na indústria alimentícia e seus mecanismos de funcionamentos passaram a ser amplamente estudados. BAILEY (1996) classificou os antioxidantes em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes/sequestrantes e antioxidantes mistos. Os antioxidantes primários são compostos fenólicos, sendo os dois mais conhecidos deste grupo os polifenóis butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), os quais atuam promovendo a remoção ou inativação dos radicais livres, formados durante a iniciação ou propagação da reação de oxidação, através da transferência de átomos de hidrogênio às moléculas, interrompendo a reação (RAMALHO E JORGE, 2006; SIMIC et al., 1994). O hidrogênio livre do antioxidante se liga aos radicais livres, formando moléculas inativas para dar continuidade a reação da oxidação, e um radical inerte, o qual mais tarde irá interferir no processo de oxidação, se ligando a outros radicais livres, formando compostos peroxi-antioxidantes (ANTOLOVICH et al., 2002).

Os antioxidantes sinergistas apresentam baixa capacidade antioxidante, porém, podem aumentar a capacidade antioxidante dos antioxidantes primários, quando combinados adequadamente (RAMALHO E JORGE, 2006).

Os removedores de oxigênio atuam conforme o próprio nome, os quais capturam os oxigênios disponíveis no meio tornando-os indisponíveis para atuarem como propagadores da autoxidação. Um exemplo de antioxidante removedor de oxigênio é o ácido ascórbico, seus isômeros e derivados (RAFECAS et al., 1998; RAMALHO E JORGE, 2006).

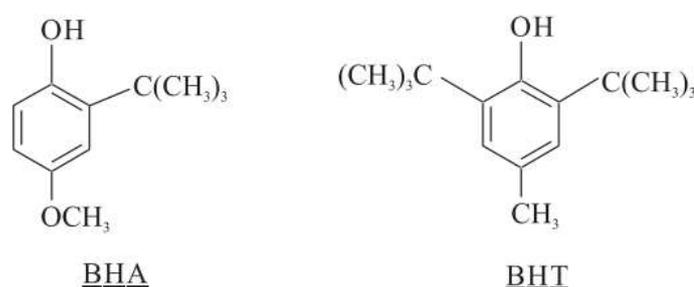
Os antioxidantes biológicos atuam removendo não apenas o oxigênio, mas também outros compostos altamente reativos de um sistema alimentício. Os principais exemplos são as enzimas como glucose oxidase, superóxido dismutase e catalases (RAMALHO E JORGE, 2006).

Os agentes quelantes/sequestrantes complexam íons metálicos, principalmente cobre e ferro, os quais são responsáveis pela catálise na oxidação lipídica, onde um par de elétrons não compartilhado na sua estrutura molecular promove a ação de complexação. Os principais exemplos de agentes quelantes/sequestradores são o ácido cítrico e seus sais, fosfatos e sais de ácido etileno diamino tetra acético (EDTA) (BAILEY, 1996; LABUZA, 1971; RAMALHO E JORGE, 2006).

Já os antioxidantes mistos incluem compostos de plantas e animais, os quais vem sendo amplamente estudados como antioxidantes em alimentos. Alguns exemplos de antioxidantes mistos são várias proteínas hidrolisadas, flavonoides e derivados de ácido cinâmico (ácido cafeíco) (BAILEY, 1996).

### 3.4.2. BHA e BHT

São classificados como antioxidantes sintéticos, sendo os mais utilizados na indústria de alimentos, junto ao propil galato (PG) e terc-butil-hidroquinona (TBHQ). Devido a sua estrutura fenólica, Figura 5, permitem a doação de um próton a um radical livre, interrompendo o mecanismo de oxidação dos radicais livres.



**Figura 5** - Estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos. Fonte: RAMALHO e JORGE (2006).

BHA e BHT apresentam funções semelhantes, além de serem sinergistas entre si. Enquanto o BHA age como sequestrante de radicais peróxidos o BHT age como sinergista, ou regenerador de radicais BHA (RAMALHO E JORGE, 2006). O uso do BHA se faz mais efetivo em produtos de origem animal, enquanto o BHT é mais utilizado em produtos de origem vegetal. Tanto o BHA quanto o BHT apresentam pouca estabilidade quando expostos a altas temperaturas, por longos períodos, podendo conferir odor em alimentos (RAMALHO E JORGE, 2006).

Apesar de serem os antioxidantes sintéticos mais utilizados, existem legislações que controlam a quantidade que eles podem ser adicionados aos alimentos. Essa limitação na quantidade a ser utilizada se dá por dúvidas se estes compostos são tóxicos ou não, podendo

ter efeito carcinogênico, em humanos, quando ingeridos em grandes quantidades (GÜLÇİN, 2012; CAROCHO E FERREIRA, 2013). Existem alguns pesquisadores que acreditam que os antioxidantes sintéticos podem prevenir o câncer, devido a sua função de combate aos radicais livres (KAHL, 1984; CAROCHO E FERREIRA, 2013)

No Brasil, os níveis máximos de inclusão de BHA e BHT na alimentação animal é estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, através da Instrução Normativa nº 110, de 24 de novembro de 2020, onde tanto o BHA quanto o BHT possuem limite máximo de inclusão em 150 mg/kg na dieta total.

### 3.4.3. Óleo essencial de alecrim

Os antioxidantes naturais estão presentes em ervas e especiarias, frutas e vegetais (SIKORA et al., 2008). Dentre os mais utilizados podem ser citados os tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas, que é o caso do alecrim (CUVELIER, 1994; RAMALHO E JORGE, 2006). A ação antioxidante desses compostos se dá através do combate aos radicais livres pela doação de átomos de hidrogênio, quelando metais de transição, interrompendo a propagação de radicais livres, reparando a lesão nas moléculas atacadas por esses (PODSEDEK, 2007).

Os óleos essenciais são produzidos por células secretoras e resultam em produtos aromáticos do metabolismo secundário das plantas, podendo estar concentrado em apenas uma região do vegetal, como nas folhas, casca ou frutos (CONNER, 2003).

O óleo essencial de alecrim é a especiaria que apresenta maior poder antioxidante (CUVELIER, 1994). Esse efeito se dá, principalmente, pela capacidade antioxidante dos seus constituintes fenólicos (ácido carnósico, carnosol, ácido rosmarínico, ácido cafeíco e éster do ácido hidroxicinâmico) de doar hidrogênio para os radicais livres, formando radicais estáveis, além da sua capacidade de sequestrar radicais superóxidos (DORIA, 2000; RAMALHO E JORGE, 2006). O efeito antioxidante do óleo essencial de alecrim apresenta atividade antioxidante superior ou semelhante ao BHA e BHT (MARIUTTI E BRAGAGNOLO, 2007).

O uso do óleo essencial de alecrim como antioxidante na alimentação animal é regulamento pela mesma normativa comentada anteriormente, IN nº 110 de 24 de novembro de 2020, mas diferente do BHA e BHT, o óleo essencial de alecrim não possui valores mínimos e máximos pré-estabelecidos de inclusão.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina, localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. As análises foram conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA), pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina e no Laboratório Federal de Defesa Agropecuária (LFDA), vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, localizado em São José, Santa Catarina, entre fevereiro e abril de 2022.

O *shelf life* da farinha foi realizado em um período de sessenta dias, visando avaliar a influência de diferentes antioxidantes no tempo de prateleira da farinha de larva de mosca soldado negro. As análises bromatológicas foram realizadas nos tempos 0 e 60. Já as análises de índice de peróxidos e aminas biogênicas foram realizadas nos tempos 0, 3, 7, 14, 28, 42 e 60. Também foi realizada análise de macro e microminerais, a fim de realizar a caracterização

##### 4.1. Produção da farinha de larva de mosca soldado negro

As larvas de mosca soldado negro foram adquiridas da empresa Agrin Biofábrica (<https://agrin.com.br/>), as quais foram enviadas inteiras, desidratadas e em embalagem à vácuo de 8 kg. As larvas desidratadas foram trituradas em um processador até obterem a aparência de farinha (Figura 6).



**Figura 6** - Processo de fabricação da farinha de larva de mosca soldado negro. Fonte: Autora (2022).

Após a moagem a farinha foi armazenada em sacos fechados hermeticamente e, identificados com peso e tratamento. As amostras foram acondicionadas dentro de uma caixa de papelão, em ambiente limpo, seco, arejado e longe de luminosidade direta.

#### 4.2. Tratamentos experimentais

Para o *shelf life* foram avaliados quatro tratamentos, que correspondem à inclusão ou não de antioxidantes na farinha de larva de mosca soldado negro, durante sessenta dias. Os antioxidantes foram adquiridos na Eurotec Nutrition, localizada em Palhoça, Santa Catarina. São eles:

- a. Tratamento controle: sem adição de antioxidante;
- b. Tratamento BHT: adição de 150 mg/kg de BHT, diluído a 20%;
- c. Tratamento BHA: adição de 150 mg/kg de BHA, diluído a 20%;
- d. Tratamento óleo essencial de alecrim: adição de 2,5% de óleo essencial de alecrim.

Os antioxidantes foram adicionados diretamente na farinha de larva de mosca soldado negro, logo após a sua moagem, sendo homogeneizado manualmente durante 5 minutos cada amostra, garantindo assim a dissolução completa do antioxidante nas amostras.

Assim que adicionado o antioxidante, esperou-se 5 horas e então foram retiradas as alíquotas de 200 gramas de cada tratamento e realizadas as análises de tempo 0.

#### 4.3. Qualidade da farinha de larva de mosca soldado negro

##### 4.3.1. Composição bromatológica

De acordo com a metodologia padronizada da AOAC (Association of Official Analytical Chemists) foram realizadas as seguintes análises: matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo. As análises serão realizadas no tempo 0 e 60 e em triplicata. A análise de macro e micro minerais foi realizada com a metodologia de MOLOGNONI et al., (2017).

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico com o emprego de calor, o qual se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento de 105°C, em estufa, por pelo menos 16 horas, até atingir peso constante (AOAC, 1995).

A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995). Após a digestão da amostra com mistura digestora (sulfato de cobre e

sulfato de potássio) e ácido sulfúrico, foi realizada destilação e posterior titulação com ácido clorídrico. O fator de conversão de nitrogênio em proteína empregado foi de 6,25.

Para obtenção do extrato etéreo foi utilizado o método de extração a quente em éter de petróleo ou método de Goldfish (AOAC, 1995).

A matéria mineral foi determinada submetendo as amostras as 550°C em forno mufla, durante 4 horas (AOAC, 1995).

A determinação de fósforo total foi realizada por UV-Vis espectrometria molecular, em um espectrofotômetro com lâmpada de tungstênio, após calcinação e complexação como ácido fosfórico molibdovanadato. Sódio foi determinado por emissão atômica de chama espectroscopia (F-AES) a 589,0 nm com fotômetro de chama 910M, após calcinação e diluição das cinzas com ácido nítrico. Cobre, zinco, manganês, magnésio, cobalto e ferro foram determinados por espectrometria de absorção atômica com chama (F-AAS).

#### 4.3.2. Índice de peróxidos

O índice de peróxidos foi determinado por volumetria de oxirredução conforme o método ISO 3960 (2017). Foi adicionado 1 g de sulfato de sódio anidro a cerca de 200 g de amostra. A fração lipídica foi extraída com aproximadamente 200 mL de clorofórmio e seca sob fluxo de nitrogênio. Alíquotas de 5 mL de gordura extraída foram dissolvidas em mistura de isooctano e ácido acético glacial, às quais foi adicionado iodeto de potássio. Os peróxidos presentes na amostra oxidam o iodeto a iodo elementar, formando um complexo de inclusão de coloração escura com o amido adicionado à mistura reacional. O iodo liberado pelos peróxidos foi então determinado por volumetria, a viragem foi determinada de forma visual, fazendo o uso de solução padronizada de tiosulfato de sódio 0,01 mol L<sup>-1</sup>.

O índice de peróxidos é expresso em “mEq de O<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> de gordura”, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Índice de peróxido (mEq de O}_2\text{/kg)} = \frac{(v_t - v_b) * c_{\text{tio}} * f * 1000}{m}$$

Onde:

$v_t$  = volume da solução de tiosulfato de sódio utilizado na titulação da amostra (mL)

$v_b$  = volume da solução padrão de tiosulfato de sódio utilizado na prova em branco (mL);

$c_{\text{tio}}$  = concentração da solução de tiosulfato de sódio (mol L<sup>-1</sup>);

$m$  = massa de gordura extraída da amostra (g);

$f$  = fator de correção da concentração de tiosulfato de sódio.

#### 4.3.3. Aminas biogênicas

As aminas biogênicas foram determinadas por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS) de acordo com o método 5.15 do Manual de Métodos Oficiais para Alimentos de Origem Animal (2ª edição) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. As amostras foram submetidas à extração sólido-líquido com partição dos analitos em baixa temperatura, utilizando mistura de acetonitrila e metanol acidificada com ácido acético. A separação dos analitos foi realizada em gradiente de eluição, com fase estacionária de di-isopropil-3-cianopropil silano ligado à sílica hidroxilada. A quantificação foi feita com padronização interna com propano-1,3-diamina por espectrometria de massas em modo tandem e ionização por electrospray (ESI-MS/MS). A faixa linear foi de 25 a 200 mg kg<sup>-1</sup>. Limites de quantificação: 25 mg kg<sup>-1</sup> (cadaverina), 25 mg kg<sup>-1</sup> (histamina), 25 mg kg<sup>-1</sup> (putrescina) e 25 mg kg<sup>-1</sup> (tiramina).

#### 4.4. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância no programa estatístico Minitab18.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Resultados da análise bromatológica da farinha de larva de mosca soldado negro

O estudo da análise bromatológica dos alimentos é importante para avaliar o valor nutricional e compartilhar essas informações com empresas e consumidores. Principalmente quando se trata de insetos, uma matéria-prima ainda considerada nova, na nutrição animal, a qual ainda existem poucas informações brasileiras sobre o assunto. Como comentado anteriormente, a composição nutricional da farinha de larva de mosca soldado negro varia de acordo com o método de cultivo, alimentação fornecida e idade de abate dos animais.

Na tabela 3, estão os valores encontrados para matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta, da farinha de larva de mosca soldado negro nos tempos 0 e 60.

**Tabela 3** - Valores encontrados para matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta da farinha de larva de mosca soldado negro com seus diferentes tratamentos e tempos.

Tratamentos	Matéria seca (%)		Extrato etéreo (%)		Proteína Bruta (%)	
	0	60	0	60	0	60
Controle	94,93 Aa	94,13 Ba	31,21 Ab	31,09 Ab	41,34 Bc	41,62Ab
BHA	94,14 Aa	94,21 Aa	31,45Ab	31,22 Ab	42,69 Aa	42,60 Aa
BHT	94,71 Aa	94,07 Aa	31,69 Ab	31,08 Bb	41,59 Ab	41,47 Ab
Óleo	91,09 Ab	94,26 Ba	32,09 Aa	32,16 Aa	41,09 Ac	41,08 Ac
SEM	0,24		0,22		0,113	
p-valor	0,000		0,042		0,033	

SEM: erro padrão da média, médias com letras maiúsculas diferentes diferem-se na coluna, ou seja dentro do mesmo tratamento no tempo, e médias com letras minúsculas diferentes diferem-se na linha, ou seja, entre os tratamentos dentro do tempo avaliado, pelo teste de Tukey 5%.

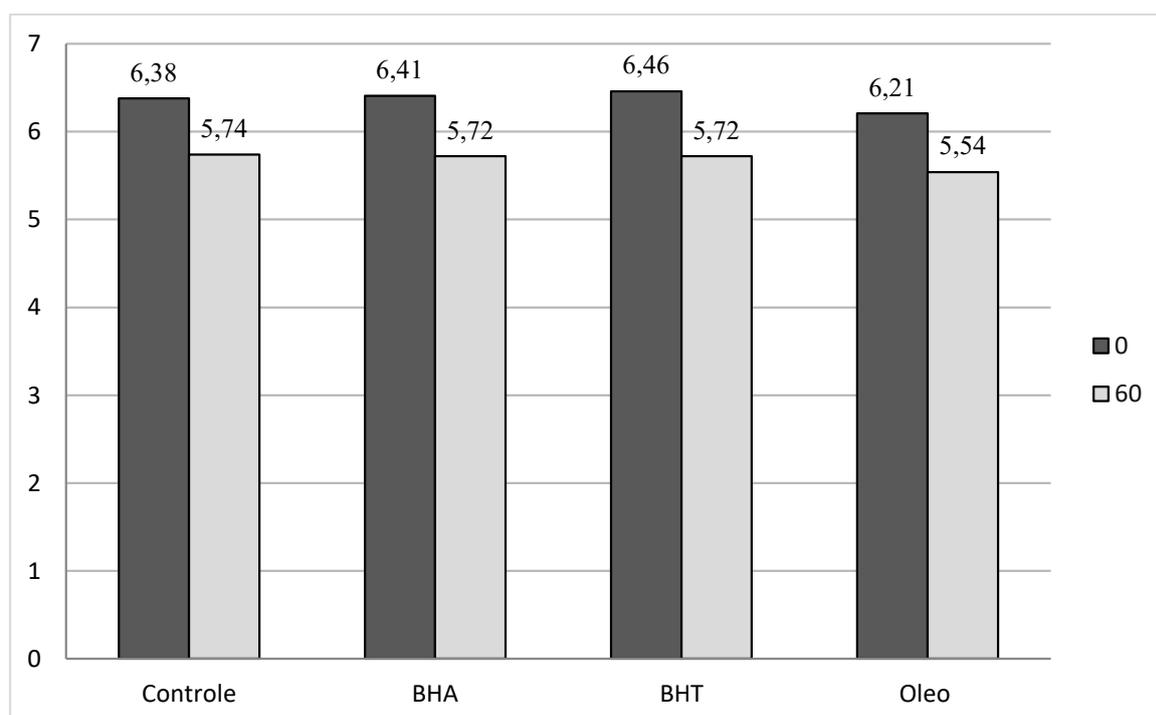
Como é possível observar na tabela 3, houve interação entre o tempo avaliado e os tratamentos. Para a matéria seca, no tempo 0, o tratamento com óleo essencial de alecrim apresentou o menor valor entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), aos 60 dias não houve diferença entre os tratamentos. Ao analisar os tratamentos separadamente, observa-se que a matéria seca no tratamento controle foi menor aos 60 dias. O contrário foi observado para o óleo essencial de alecrim, que aumentou em 3,17% do tempo 0 para 60. Esse aumento pode ser explicado pela adição e composição do óleo essencial de alecrim, uma vez que esses óleos são extraídos com componentes alcoólicos ou vapor, interferindo no valor final das análises, além da quantidade de óleo adicionada a farinha que foi de 2,5%.

Em qualquer tempo avaliado o nível de extrato etéreo foi maior para o tratamento com óleo essencial de alecrim ( $p < 0,05$ ). Quando observado isoladamente, o tratamento que recebeu BHT apresentou uma redução no teor de extrato etéreo de 1,92%.

Para os níveis de proteína bruta, no tempo 0, o tratamento com controle e o tratamento com óleo de alecrim apresentaram os menores valores quando comparado ao tratamento com BHT, o tratamento que recebeu BHA apresentou maiores níveis. Aos 60 dias, o BHA manteve o maior nível de proteína bruta, o controle e o BHT não diferiram e o menor percentual foi encontrado apenas para o tratamento com o óleo essencial de alecrim ( $p < 0,05$ ).

Os valores de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta encontrados durante o estudo, encontram-se dentro dos valores relatados para a farinha de larva de mosca soldado negro na literatura, que foram em média, respectivamente, 94,5%, 31,1% e 41,4% (LILAND et al., 2017).

Para a matéria mineral não houve interação entre o tempo e o tratamento avaliado, houve apenas efeito do tempo, que indiferentemente do tratamento houve uma redução na matéria mineral (Figura 7).



**Figura 7** – Comparação da matéria mineral da farinha de larva de mosca soldado negro, nos diferentes tratamentos e tempos. médias com letras maiúsculas diferentes diferem-se na coluna, ou seja dentro do mesmo tratamento no tempo, pelo teste de Tukey 5%. Fonte: Autora (2022).

A diminuição da matéria mineral foi de 10,03%, 10,76%, 11,45% e 10,78%, para o tratamento controle, BHA, BHT e óleo essencial de alecrim, respectivamente. Os valores de matéria mineral encontrados, apesar da diferença entre os tempos, ainda se encontram dentro dos valores relatados na literatura (LILAND et al., 2017; MENEGUZET et al., 2018).

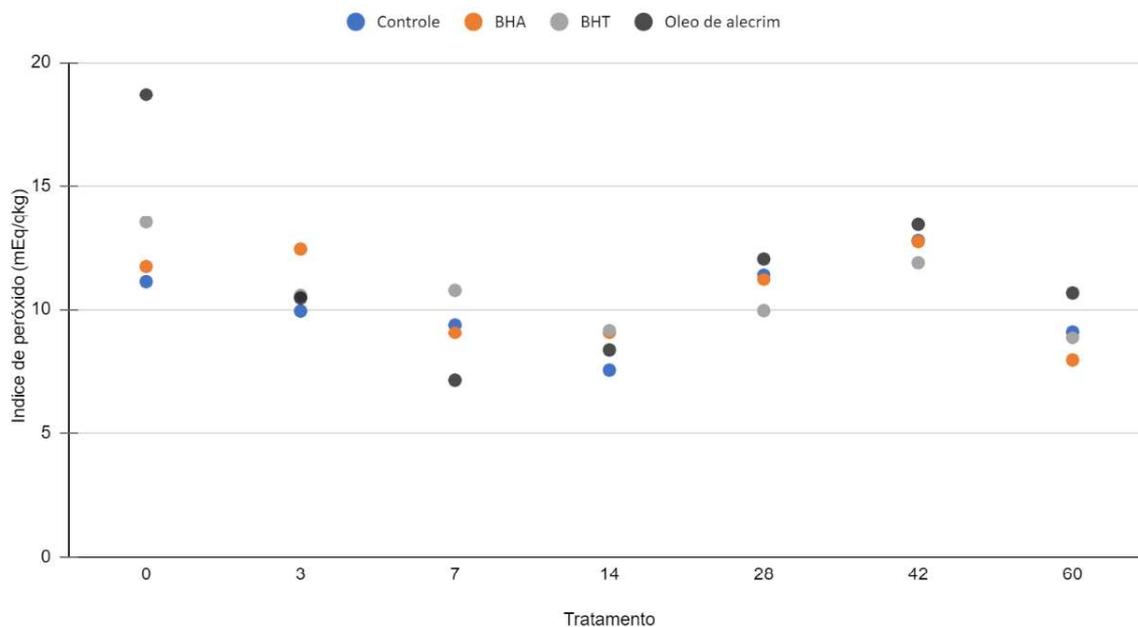
O perfil desses minerais foi avaliado aos 60 dias. Na tabela 4 é possível observar os níveis de macro e microminerais realizado apenas com a amostra controle. Os valores mensurados para macro e microminerais encontram-se dentro dos valores relatados na literatura.

**Tabela 4** - Valores encontrados na análise de macro e microminerais da farinha de larva de mosca soldado negro

Elemento	Unidade	Analisado
Cálcio	g/kg	21,650
Potássio	g/kg	7,976
Fósforo	g/kg	6,760
Magnésio	g/kg	0,735
Sódio	g/kg	0,765
Cobre	g/kg	0,028
Ferro	g/kg	0,040
Zinco	g/kg	0,037
Manganês	g/kg	0,039

## 5.2. Análise da oxidação lipídica da farinha de larva de mosca soldado negro

O valor do índice de peróxidos evidencia possíveis reações de deterioração oxidativa, demonstrando a formação de peróxidos, em uma das etapas iniciais nas reações de autooxidação (LI et al., 2013). A figura 8 ilustra o comportamento gráfico para os resultados de índice de peróxidos obtidos.



**Figura 8** - Índice de peróxidos obtidos para farinha de larvas de mosca soldado negro pura e com antioxidantes armazenadas durante 60 dias. Fonte: Autora (2022).

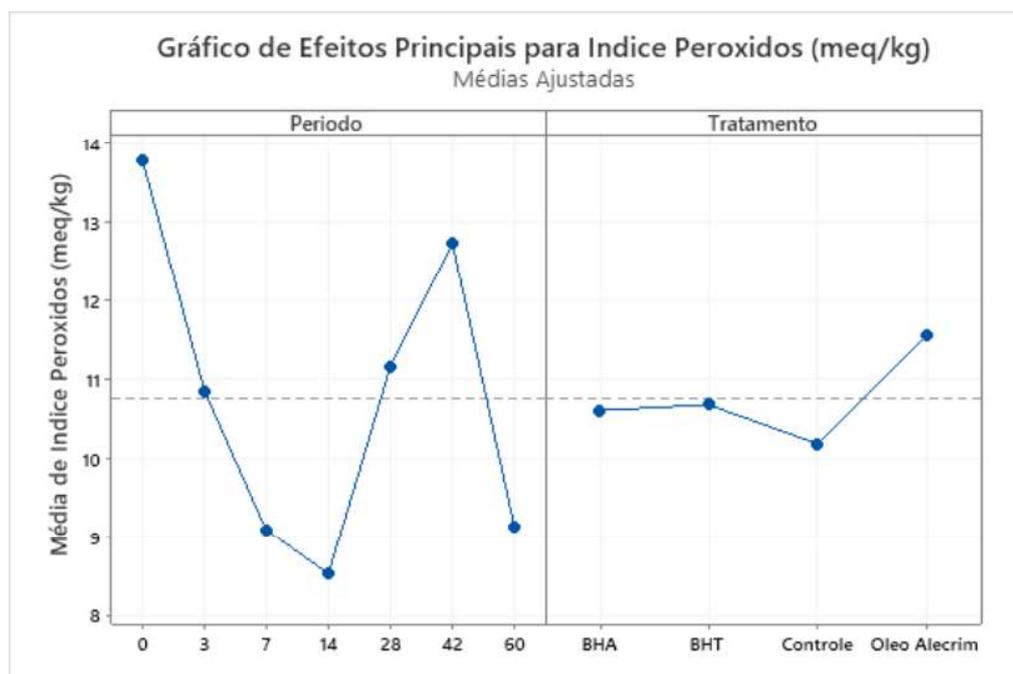
Analisando o gráfico, exposto na figura 8, é perceptível que houve variações nos primeiros dias de armazenamento das amostras. Para todos os tratamentos houve decréscimo nos valores obtidos, durante os primeiros dias de armazenamento, devido a inibição das reações de degradação. Os valores obtidos para o tratamento controle, BHT, BHA e óleo essencial de alecrim no tempo zero foi de 11,1; 13,55; 11,75 e 18,7 mEq/kg, respectivamente. Após o décimo quarto dia é notado aumento nos valores de índice de peróxidos, demonstrando a formação de peróxidos, devido ao rompimento das ligações de hidrogênio do carbono insaturado e reação destes radicais com o oxigênio. Os valores obtidos ao décimo quarto dia foram 7,55; 9,15; 9,05 e 8,35 mEq/kg, para o tratamento controle, BHT, BHA e óleo essencial de alecrim, respectivamente. O tratamento que apresentou menor susceptibilidade ao processo oxidativo, do décimo quarto dia ao quadragésimo segundo dia, foi o tratamento contendo BHT, enquanto o tratamento com óleo essencial de alecrim foi o que apresentou o maior valor, nesse período. Os valores crescentes do índice de peróxidos observados do décimo quarto dia ao quadragésimo segundo dia evidenciam, novamente, as etapas de início do processo de autooxidação. Após esse período os valores começam a decrescer, novamente, o que já era esperado, devido a formação de produtos de terminação do processo oxidativo, resultando no consumo dos peróxidos formados inicialmente. Aos 42 dias os valores de índice de peróxidos para o tratamento controle, BHT, BHA e óleo essencial de alecrim são de 12,8; 11,9; 12,75 e 13,45 mEq/kg, respectivamente.

É possível observar também que o valor máximo de índice de peróxidos para o tratamento com BHT e óleo essencial de alecrim foi no dia 0, apresentando 13,44 e 18,7 mEq/kg, respectivamente. Por outro lado, o tratamento controle e BHT apresentaram pico de peróxidos no dia 42, com 12,8 e 12,75 mEq/kg, respectivamente.

Os peptídeos bioativos são frações específicas de proteínas, com sequencias de aminoácidos que promovem um impacto positivo em várias funções biológicas, podendo atuar principalmente como antioxidante (CASTRO e SATO, 2015; NINGONIERMA e FITZGERALD, 2017). A atividade antioxidante dos peptídeos bioativos está relacionada às suas características estruturais (ALUKO, 2012). Os peptídeos com baixa massa molecular possuem mais aminoácidos expostos, os quais interagem com os radicais livres. A atividade antioxidante característica dos aminoácidos depende das propriedades de seus resíduos laterais (LIU et al., 2017). Aminoácidos aromáticos, como fenilalanina e tirosina, são capazes de estabilizar espécies reativas de oxigênio por meio da transferência direta de

elétrons. Já aminoácidos hidrofóbicos, como alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina e metionina, possuem elétrons que podem ser doados para eliminar os radicais livres (COELHO et al., 2019). Em um estudo realizado por LIU et al. (2017) foi realizado a obtenção de peptídeos com propriedades antioxidantes a partir da hidrólise enzimática do bicho-da-seda (*Bombyx mori*). Foi testado a estabilidade dos peptídeos submetendo os mesmos a uma simulação de digestão gastrointestinal. Observou-se redução nas propriedades bioativas, havendo retenção de 80% da atividade antioxidante, aproximadamente.

Na Figura 9 os fatores foram separados. Na figura 9 A, observou-se o comportamento do índice de peróxidos indiferentemente do antioxidante utilizado, é possível observar que o pico ocorreu aos 0 dias reduzindo até 14 dias, voltando a aumentar com um novo pico aos 42 dias e reduzindo novamente aos 60 dias ( $p < 0,05$ ). Para os tratamentos, indiferentemente do tempo avaliado, na Figura 9 B, observou-se que o tratamento com o óleo essencial de alecrim apresentou os maiores índices de peróxidos quando comparado aos demais ( $p < 0,05$ ).



**Figura 9** - Efeitos principais para índice de peróxidos. Fonte: Autora (2022).

Outro fator que influencia na estabilidade oxidativa da farinha de larvas de mosca soldado negro é o perfil de ácidos graxos. Uma vez que quanto maior a concentração de ácidos graxos saturados, maior é a estabilidade da gordura ((MOUITHYS-MICKALAD et al., 2021). De acordo com MOUITHYS-MICKALAD et al. (2021) a literatura, a farinha

de larva de mosca soldado negro apresenta cerca de 71% de ácidos graxos saturados. O perfil de ácidos graxos é demonstrado na tabela 5.

O pico de índice de peróxidos no tempo 0 pode ser uma resposta ao manuseio realizado na amostra do momento do abate até o processo de produção da farinha. Cerca de 29% de ácidos graxos insaturados estão presentes na gordura da farinha de larva de mosca soldado negro.

**Tabela 5** - Perfil de ácidos graxos da gordura de farinha de larva de mosca soldado negro.

Ácido graxo (g/100 g de gordura)	Farinha de larva de mosca soldado negro
Ácido cáprico (C10:0)	0,8 ± 0,0
Ácido láurico (C12:0)	41,4 ± 0,3
Ácido mirístico (C14:0)	10,0 ± 0,0
Ácido palmítico (C16:0)	15,2 ± 0,1
Ácido palmoleico (C16:1)	2,7 ± 0,0
Ácido esteárico (C18:0)	2,6 ± 0,0
Ácido oleico (C18:1)	10,1 ± 0,1
Ácido linoleico (C18:2)	14,4 ± 0,1
Ácido linolênico (C18:3 n3)	1,2 ± 0,0
Ácido araquidônico (C20:4)	0,0 ± 0,0
Ácido erúxico (C22:1)	0,0 ± 0,0
Ácido docosahexaenóico (C22:6 n3)	0,0 ± 0,0
Ácido lignocérico (C24:0)	0,0 ± 0,0
Ácido nervoso (C24:1)	0,0 ± 0,0
Ácidos graxos saturados	70,6
Ácidos graxos monoinsaturados	13,8
Ácidos graxos poliinsaturados	15,6

Fonte: Adaptado de MOUITHYS-MICKALAD et al. (2021).

O índice de peróxidos encontrado para os diferentes tratamentos estaria dentro do valor proposto pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal apenas nos tempos 14 e 60 dias. REIS et al. (2008) realizou um estudo avaliando índice de peróxidos em diferentes períodos em amostras de farinha de vísceras e farinha de penas, protegidas pelo antioxidante etoxiquim. O estudo teve duração de 90 dias e as análises de índice de peróxidos eram realizadas a cada 15 dias. O índice de peróxidos para a farinha de vísceras entre os dias 30 e 45 ultrapassou o limite permitido de 10 mEq/kg, chegando a 12,65 mEq/kg. Voltando aos limites aceitáveis após os 60 dias. Já a farinha de penas demonstrou aumento no índice de peróxidos desde o tempo 15, chegando a 1000 mEq/kg aos 45 dias, apresentando uma queda brusca aos 60 dias, indo para 9,07 mEq/kg. Aumentado novamente aos 75 dias, 20,69 mEq/kg e caindo novamente aos 90 dias para 5,07 mEq/kg.

Demonstrando uma variação na formação dos peróxidos no tempo para as farinhas de origem animal, mesmo com a adição de antioxidantes.

RACANICCI et al. (2000), analisou o efeito da ação do antioxidante BHT e do armazenamento sobre a qualidade da farinha de carne e ossos para frango. As farinhas foram armazenadas sem o antioxidante e com 500 mg de BHT/kg. O índice de peróxidos na amostra sem BHT aumentou consideravelmente a partir da segunda semana, chegando a 80 mEq/kg aos 56 dias de armazenamento. Enquanto as amostras adicionadas de BHT em 0 e 7 dias de armazenamento mantinham o índice de peróxidos a zero, durante o período de análise.

Os aumentos e quedas observados no índice de peróxidos pode ser explicado pela oxidação das gorduras ocorrer em três fases: iniciação, propagação e terminação. Onde na iniciação ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo, na propagação os radicais livres são convertidos em outros radicais, aparecendo então os produtos primários da oxidação, e no término, dois radicais combinam-se, formando produtos estáveis, também chamados de produtos secundários da oxidação (RAMALHO e JORGE, 2006).

Vários autores e estudos demonstram a alta atividade antioxidante do óleo essencial de alecrim em óleos de origem vegetal. Yang et al. (2016), comparou a estabilidade oxidativa de três óleos vegetais, óleo de soja, óleo de farelo de arroz e óleo de semente de algodão, utilizando antioxidantes sintéticos, BHT e BHA e o óleo essencial de alecrim. O estudo demonstrou que o óleo essencial de alecrim apresentou maior eficácia em retardar a oxidação lipídica dos óleos quando comparado aos antioxidantes sintéticos, apresentando menor índice de peróxidos.

A eficiência de retardar a oxidação lipídica, em óleos de origem vegetal, do óleo essencial de alecrim pode ser explicada pela capacidade dos constituintes fenólicos do óleo essencial de alecrim em doar hidrogênio para os radicais livres, formando radicais estáveis, e, em parte, à capacidade de sequestrar radicais superóxidos, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados (RAMALHO e JORGE 2006). 90% da atividade antioxidantes do óleo essencial de alecrim é atribuída ao carnosol e ao ácido carnósico (ARUOMA et al., 1992).

Enquanto o BHT e BHA apresentam melhor desempenho em retardar a oxidação lipídica em gorduras de origem animal, uma vez que a eficiência deles é limitada em óleos insaturados (BAILEY, 1996; RAMALHO e JORGE, 2006).

Essa diferença em retardar a oxidação lipídica do BHT, BHA e óleo essencial de alecrim foi observada no nosso estudo.

### 5.3. Quantificação das amins biogênicas

Nos resultados das análises de amins biogênicas, dentro dos limites de quantificação, não foi identificado a presença de nenhuma das amins quantificadas (Tabela 6). Indicando boas condições higiênicas no processo de fabricação, manuseio e armazenamento da farinha de larva de mosca soldado negro.

**Tabela 6** - Quantificação das amins biogênicas na farinha de larva de mosca soldado negro.

<b>Tratamentos</b>	<b>Replicatas</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>42</b>	<b>60</b>
<b>Controle</b>	Cadaverina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Histamina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Putrescina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Tiramina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
<b>BHT</b>	Cadaverina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Histamina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Putrescina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Tiramina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
<b>BHA</b>	Cadaverina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Histamina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Putrescina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Tiramina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
<b>Óleo essencial de alecrim</b>	Cadaverina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Histamina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Putrescina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
	Tiramina	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ

Legenda: NQ: não quantificado.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos resultados obtidos, verificou-se que os tratamentos contendo antioxidante BHA e BHT mostraram-se mais eficientes para aumentar a estabilidade oxidativa da farinha de larvas de mosca soldado negro, quando comparados ao tratamento adicionado de óleo essencial de alecrim. Quanto a composição bromatológica, os valores mensurados encontram-se dentro dos valores citados na literatura.

## 7. REFERÊNCIAS

ABINPET. **Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação**. Disponível em: <http://abinpet.org.br>. Acesso em: 30 mar. 2022.

ABRA. **Anuário ABRA: setor reciclagem animal 2020**. Disponível em: <https://abra.ind.br/abra/wp-content/uploads/2021/12/Anuario-ABRA-2020-versao-24-nov.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2022.

AL-TURKI, A.I., EL-ZINEY M. G., ABDEL-SALAM, A. M. **Chemical and anti-bacterial characterization of aqueous extracts of oregano, marjoram, sage and licorice and their application in milk and labneh**. Journal of Food Agriculture and Environment. v.6, p.39-44. 2008.

ALUKO, R. E. **Functional foods and nutraceuticals**. New York: Springer New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1>. 2012

ANTOLOVICH, M., PRENZLER, P.D., PATSALIDES, E., MCDONALD, S., ROBARDS, K. **Methods for testing antioxidant activity**. *Analys*, 127, 183-198. 2002.

ANTONIASSI, R. **Métodos da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras**. Bol. CPPA, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16<sup>th</sup> ed. Washington, 1995.

ARANGO GUTIÉRREZ, G. P.; VERGARA RUIZ, R. A. MEJÍA VÉLEZ, H. **Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illuscens* L. (Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia**. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 57:2491-2500. 2004.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 4<sup>a</sup> ed., 2011, 598p.

ARUOMA, O. I. et al. **Antioxi dant and pro-ox idant properties of active rosemary constituents: carnosol and carnosic acid**. *Xenobiot ica*, London, v. 22, n. 2, p. 257-268, 1992.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza; Embrapa Agroindústria Tropical, p. 77-96. 2004.

BAILEY, A. E.; **BAILEY'S Industrial Oil and Fat Products**, 5th ed., John Wiley: New York, 1996, vol. 3.

BARNES, D. M.; KIRBY, Y. K.; OLIVER, K. G. **Effects of Biogenic Amines on Growth and The Incidence of Proventricular Lesions in Broiler Chickens**. *Poultry Science*, Volume 80, Issue 7, Pages 906-911, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1093/ps/80.7.906>. 2001

BARRETA-ARRELLANO, D.; **Óleos e Grãos** 1993, 6, 10.

BARRIUSO, B.; ASTIASARÁN, I., D. ANSORENA.. **A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task.** Eur. Food Res.Technol., 236, 1-15. 2013.

BELLAVER, C.; LUDKE, J.; LIMA, G.J.M.M. **Qualidade de ingredientes para rações .In: Global Feed and Food Forum.** FAO. IFIF. Sindirações. 11-13 de Julho de 2005. São Paulo, SP, 2005. p. 1-8

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D.L. **Parâmetros de qualidade em gordura e subprodutos proteicos de origem animal.** In: Conferência Apinco de ciência e tecnologia avícolas; 2004, Santos - SP. Anais... Campinas: FACTA, v.1.p.79 - 102, 2004.

BERGER, K. G.; HAMILTON, R. J. **Em Developments in Oils and Fats;** Hamilton, R. J., ed.; Chapman & Hall: London, 1995, cap. 7.

BISHOP, J. R.; WHITE, C. H. **Assessment of dairy product quality and potential shelf-life.** A review. Journal of Food Protection, 49, 739–753. 1986.

BONDARI, K.; SHEPPARD, D.C. **Soldier fly larvae as feed in commercial fish production.** *Aquaculture*, [S.L.], v. 24, p. 103-109, jan. 1981.

BOOTH, D.C.; SHEPPARD, C. **Oviposition of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing and Site Characteristics.** *Environmental Entomology*. v. 13, p.421-423, 1984.

BOSCH, G.; VERVOORT, J. J. M.; HENDRIKS, W. H. **In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods.** *Animal Feed Science And Technology*, [S.L.], v. 221, p. 174-184, nov. 2016.

BOSCH, G.; ZHANG, S.; OONINCX, D. G. A. B.; HENDRIKS, H. W. 2014. **Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods.** *J. Nutr. Sci.* 3:e29. 2014.

BOSE, A., MONDALA S., GUPTAB J. K., GHOSH T., G. K. DASH S. S. **Analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activities of the ethanolic extract and its fractions of *Cleome rutidosperma*.** *Fitoterapia*, v.78, p.515-20. 2007.

BOVER-CID S, LATORRE-MORATALLA ML, VECIANA-NOGUÉS MT, VIDAL-CAROU MC. **Processing contaminants: biogenic amines.** *Encyclopedia of Food Safety* 2, 381–391. 2010.

BOVER-CID S., MIGUELEZ-ARRIZADO M.J., LATORRE MORATALLA L.L., VIDAL CAROU M.C.: **Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages.** *Meat Sci* 2006, 72, 62–68.

BRASIL. Decreto 9.013, de 29 de março de 2017. Presidência da República. **Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Acessado em: Abril de 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 30, de 05 de agosto de 2009. Critérios e procedimentos para registro de produtos, rotulagem e propaganda e para isenção de registro de produtos destinados à alimentação de animais de companhia.** Diário Oficial da União – 05/08/2009. Acesso em: 11 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008.** Regulamento Técnico da Inspeção Higiênico-Sanitária e Tecnológica do Processamento de Resíduos de Animais. Diário Oficial União. Seção 1. Brasília, 29 de maio de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária – SDA. Departamento de Saúde Animal – DAS. **MANUAL DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA O TRÂNSITO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL, EMISSÃO DE CIS-E E CREDENCIAMENTO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS PARTICULARES VERSÃO 1.0.** Brasília-DF, novembro de 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/transitoanimal/arquivos-transito-internacional/ManualdeTrnsitodeSubprodutos.pdf> 55  
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/transito-animal/arquivos-transito-internacional/ManualdeTrnsitodeSubprodutos.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal.** 2ª ed. 2022.

BRITO, C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; DIONÍZIO, M.A.; CARVALHO, D.C.O. **Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.35, n.2, p.457-461, 2006.

BRODI, M. S.; COLE, E. R. **Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) as feed for the American alligator (*Alligator mississippiensis*).** Georgia Journal of Science 65: 82-88. 2007.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. **Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos protéicos determinados em galos cecotomizados.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 6, p. 2290-2296, 2006<sup>a</sup>

CAFÉ M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA O.M.; CARVALHO, M.R.B.; DEL BIANCHI, M. **Determinação do Valor Nutricional das Sojas Integrais Processadas para Aves.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v.2 n.1, 2000.

CANARY, Grant Everest. **Diseño y gestion de un proceso para reciclar desechos organicos con la larva *Hermetia illucens* para producir harina de larva.** 106 p. Dissertação (Mestrado - Área de Gestão de Processos), Facultad de ingeniera Chia, Universidad de la Sabana. 2009.

CARCIOFI, A.C. **Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, p. 28-41, 2008

CAROCHO, M., FERREIRA, I.C.F.R.. **A review on antioxidants, prooxidants and related controversy:** Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25. 2013.

CARUSO, D. et al. **Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae.** 1. ed. [S.l.]: IRD, v. 1, 2014. ISBN: 978-979-493-610-8.

CARVALHO, C.M.C.; FERNANDES, E.A.; CARVALHO, A.P.; CAIRES, R.M.; FAGUNDES, N.S. **Uso de farinhas de origem animal na alimentação de frangos de corte.** *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v. 111, p. 69-73, 2012

CASTRO, R. J. S., & SATO, H. H. **Simultaneous hydrolysis of proteins from different sources to enhance their antibacterial through the synergistic action of bioactive peptides.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 8, 209-212. 2016.

CASSIDY, E. S. et al. **Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare.** *Environmental Research Letters*, v. 8, n. 3, p. 034015. ISSN 1748-9326. 2013.

CLOE, E.; MIN, D. B. **Mechanisms and factors for edible oil oxidation.** *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5, 169-186. 2006.

COELHO, M. S., AQUINO, S. DE A., LATORRES, J. M., & SALAS-MELLADO, M. D. M. **In vitro and in vivo antioxidant capacity of chia protein hydrolysates and peptides.** *Food Hydrocolloids*, 91, 19-25. 2019.  
chia protein hydrolysates and peptides. *Food Hydrocolloids*, 91, 19-25

CONNER, D. E. **Naturally occurring compounds.** In: DAVIDSON P.; BRANEN A.L. *Antimicrobials in foods.* New York: Marcel Dekker, Inc.. p.441-68. 1993.

CUVELIER M. E., BERSET C., RICHARD H. **Antioxidant constituents in sage.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 42: 665-9. 1994

DEN BRINKER, C. A.; RAYNER, C. J.; KERR, M. G.; BRYDEN, W. L. **Biogenic amines in Australian animal by-product meals.** *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 113-119. 2003.

DÍAZ-VICIEDO, R. HORTELANO S., GIRÓN N., MASSÓA J., RODRIGUEZ B., VILLAR A., B. HERAS. **Modulation of anti-inflammatory responses by diterpene acids from *Helianthus annuus* L.** *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v.369, p.761- 6. 2008.

DIENER, S. et al. **Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints.** *Proceedings of the WasteSafe*, v. 2, p. 13-15, 2011.

DIERENFELD, E. S. and KING, J. **Digestibility and mineral availability of phoenix worms (*Hermetia illucens*) ingested by mountain chicken frogs (*Leptodactylus fallax*).** *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 18: 100-105. 2009.

DORIA R. F., D'ARCE M. A. B. **Antioxidant activity of rosemary and oregano ethanol extracts in soybean oil under thermal oxidation.** *Ciência Tecnologia de Alimentos*; 20: 01-14. 2000.

DURAK-DADOS, A.; MICHALSKI, M.; OSEK, J. **Histamine and Other biogenic amines in food.** *Journal of Veterinary Reserach*, vol 64. No2. 2020.

EC Council. Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 **laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies.** *Off. J. Eur. Union*, L147, 1–40. 2001.

EFSA. **Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods.** *EFSA Journal* 9, 1–93. doi:10.2903/j.efsa.2011.2393. 2011.

FAO. **Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire. L'exemple des chenilles d'Afrique centrale.** (available at: [www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm)). 2004.

FAO. **Edible insects: future prospects for food and feed security.** (available at: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>). 2013.

FEDDERN, V.; MAZZUCO, H.; FONSECA, F. N.; LIMA, G. J. M. M. de. **A review on biogenic amines in food and feed: toxicological aspects, impact on health and control measures.** *Animal Production Science*. 2019.

FERRARINI, S. F. **Desenvolvimento de metodologia alternativa para a determinação de elementos em nível de traços em amostras de carvão pela técnica de ICP-OES.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 52p. Dissertação. 2007

FIGUEIREDO TC, ASSIS DCS, MENEZES LDM, OLIVEIRA DD, LIMA AL, SOUZA MR, HENEINE LGD, CANCADO SV. **Effects of packaging, mineral , oil coating, and storage time on biogenic amine levels and internal quality of eggs.** *Poultry Science* 93, 3171–3178. doi:10.3382/ps.2014-04268. 2014.

FIGUEIREDO TC, DE ASSIS DCS, MENEZES LDM, DA SILVA GR, LANZA IP, HENEINE LGD, CANCADO SDV. **HPLC-UV method validation for , the identification and quantification of bioactive amines in commercial eggs.** *Talanta* 142, 240–245. doi:10.1016/j.talanta.2015.04.056. 2015.

FINKE, M. D. **Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores.** *Zoo Biology*, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 269-285, 2002.

FINKE, M. **Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects.** *Zoo biology*. 32. 10.1002/zoo.21012. 2012.

FORTE, G. L.; BRUNO, E.; MARTINO, M. **Application of coating on dog biscuits for extended survival of probiotic bacteria.** *Animal Feed Science and Technology*. v 195: 76-84. 2014.

FRANÇA, J.; SAAD, F.M.O.B.; SAAD, C.E.P.; SILVA, R.C.; REIS, J. **Avaliação de ingredientes convencionais e alternativos em rações de cães e gatos**. R. Bras. Zootec., v. 40, p. 222-231, 2011.

GALVÃO, L. M. V., SOUSA, M. D., NASCIMENTO, A. M. D. B., SOUZA, B. V. C., & NUNES, L. C. C. **Evaluation of shelf life of isotonic beverage enriched with cajuina**. Food Science and Technology, 42, e25520. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.25520>. 2022

GAVAHIAN, M., CHU, Y.-H., MOUSAVI KHANEGHAH, A., BARBA, F.J., MISRA, N.N. **A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods**. Trends Food Sci. Technol. 77, 32–41. 2018.

GIMÉNEZ, A.; ARES, F.; ARES, G. **Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches**. Food Research International. 2012.

GLORIA, M.B.A. **Poliaminas e aminos biogénicas em ração para pequenos animais**. In: FORUM PET FOOD DA AMÉRICA LATINA, 5º, 2006, São Paulo. Anais... 2006, p.14.

GOBBI, F. P. **Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvários de *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae)**. Bases para su producción masiva en Europa. Universidad de Alicante. Alicante. 2012.

GROSS KL., BOLLINGER R., THAWNGHMUNGJ P., COLLINGS GF. **Effect of Three Different Preservative Systems on the Stability of Extruded Dog Feed Subjected to Ambient and High Temperature Storage**. Nutrition Through the Life Cycle. 124, 2638 – 2642. 2013.

GROSS, K. L.; BOLLINGER, R.; THAWNGHMUNG, P.; COLLINGS, G. F. **Effect of three different preservative systems on the stability of extruded dog food subjected to ambient and high temperature storage**. J. Nutr., 124, 2638S–2642S.1994.

GÜLÇİN, I. **Antioxidant activity of food constituents: a review**. Arch. Toxicol., 86 345-391. 2012.

HALE, O. M. **Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry**. Journal of Georgia Entomological Society 8, p. 17-20, 1973.

HALLIWELL, B., AESCHBACH, R., LÖLIGER, J., ARUOMA, O.I. **The characterization of antioxidants**. Fd Chem. Toxic., 33, 601-617. 1995

HALLIWELL, B.; MURCIA, M. A.; CHIRICO, S.; ARUOMA, O. I.; **Free radicals and antioxidants in food and in vivo (what they do and how they work)**. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., v. 35, n. 7, 1995.

HAMILTON, C.R. **Real and perceived issues involving animal proteins**. In FAO (Ed.), Protein sources for the animal feed industry (pp. 255–276) (Rome) 2004.

IFIF. **Annual Report**. International Feed Industry Federation. [S.l.]. 2012/13.

IRSHAD, A.; SURESHKUMAR, S.; SHALIMA SHUKOOR, A.; SUTHA, M. **Slaughter house byproduct utilization for sustainable meat industry-a review**. Int. J. Res. Dev., v. 5, p. 4725-734, 2015.

ISO (International Organization for Standardization). **Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value – Iodometric (visual) endpoint determination (ISO 3960:2017)**.

JACOBSEN, C. **Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems**. Eur. J. Lipid Sci. Technol, 101, 484–492. 1999.

JADHAV, S. J.; NIMBALKAR, S. S.; KULKARNI, A. D.; MADHAVI, D. L.; RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. **Em Food Antioxidants: Technological, Toxicological, and Health Perspectives**; Madhavi, D. L.; Deshpande, S. S.; Salunkhe, D. K., eds.; Marcel Dekker Inc.: New York, 1996, p. 5.

KAHL, R.. **Synthetic antioxidants: biochemical actions and interference with radiation, toxic compounds, chemical mutagens and chemical carcinogens**. Toxicology, 33, 185-228. 1984.

KAILEH, W. BERGHE V. M., BOONE E., ESSAWI T., HAEGEMAN G. **Screening of indigenous Palestinian medicinal plants for potential anti-inflammatory and cytotoxic activity**. Journal of Ethnopharmacology, v.113, p.510-6. 2007.

KALAC P. **Health effects and occurrence of dietary polyamines: a review for the period 2005–mid**. Food Chemistry 161, 27–39. doi:10.1016/j.foodchem.2014.03.102. 2013.

KAMAU, E.; MUTUNGI, C.; KINYURU, J.; IMATHIU, S.; AFFOIGNON, H.; EKESI, S.; NAKIMBUGWE D.; FIABOE, K. K. M. **Changes in chemical and microbiological quality of semi-processed black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) during storage**. Journal of insects as Food and Feed. 6:4 , p. 417 - 428. 2020.

Kappus, H. **Lipid peroxidation: mechanism and biological relevance**. In: Free Radicals and Food Additives (Aruoma, O. I. & Halliwell, B. eds.), pp. 59-75. Taylor & Francis, London, UK. 1991.

KAUSHIK, S. J. et al. **Partial and total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality In rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss***. Aquaculture, Amsterdam, v. 133, p. 257-274, 1995.

KEIRS, R.W.; BENNETT, L. **Broiler performance loss associated with biogenic amines**. Proc. Maryland Nutr. Conf. Univ. Maryland, College Park, MD. p. 31-34, 1993.

KROECKEL, S.; HARJES A. G.; EROTH, I.; KATZ, H.; WUERTZ, S.; SUSENBETH, A.; SCHULZ, C. **When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*)**. Aquaculture, Volumes 364–365, Pages 345-352, ISSN 0044-8486. 2002.

LABUZA, T. P.; SZYBIST, L. M. **Open dating of foods**. Trumbull, CT: Food & Nutrition Press. 2001.

LAHTEENMAKI-UTELA, A.; GRMELOVA, N.; HENAULT-ETHIER, L.; DESCHAMPS, M. H.; VANDENBERG, G. W.; ZHAO, A.; ZHANG, Y.; YANG, B.; NEMANE, V. **Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China**. *Eur. Food Feed Law Rev. EFFL* 2017, 12, 22–36. 2017.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food. Principles and practices** (2nd ed.). New York: Springer. 2010.

LI, C.-J. **Conversion of spent grains and DDGS by black soldier flies**. MSc thesis, Laboratory of Entomology, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 2014.

LI, H.; FAN, Y.; LI, J., TANG, L.; DENG, D. **Evaluating and predictind the oxidative stability of vegetable oils with diferente fatty acid compositions**. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 78, n. 4, p. 633-641, 2013.

LILAND NS, BIANCAROSA I, ARAUJO P, BIEMANS D, BRUCKNER CG et al. **Modulation of nutrient composition of black soldier fly(Hermetia illucens) larvae by feeding seaweed-enriched media**. *PLoS One* 12: e0183188. 2017

LIU, Y., WAN, S., LIU, J., ZOU, Y., & LIAO, S. **Antioxidant activity and stability study of peptides from enzymatically hydrolyzed male silkworm**. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e13081. 2017

MACEDONIO F.; DRIOLI E.; GUSEV AA.; BARDOW A.; SEMIAT R.; KURIHARA M.. **Efficient technologies for worldwide clean water supply**. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 51, 2–17. doi:10.1016/j.cep.2011.09.01. 2012.

MAKKAR, H. P.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. **State-of-the-art on use of insects as animal feed**. *Animal Feed Science and Technology* 197: 1-33. 2014.

MARIUTTI, LRB.; BRAGAGNOLO, N. Review: **Natural Antioxidants of the Lamiaceae Family**. *Application in Food Products*. *Brazilian Journal of Feed Technology*, 10, 96-103. 2007

MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; CHAMORRO, S.; BRENES, A. **Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review**. *Food Res. Int.*, v. 73, p. 204-212, 2015.

MCCABE-SELLERS B.J., STAGGS C.G., BOGLE M.L.: **Tyramine in foods and monoamine oxidase inhibitor drugs: a crossroad where medicine, nutrition, pharmacy, and food industry converge**. *J Food Compos Anal* 2006, 19 (suppl), 58–65.

MEDINA-MEZA, I.G., BARNABA, C., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. **Effects of high pressure processing on lipid oxidation: a review**. *Innovative food Science and emerging Technologies*, 22, 1-10. 2014.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. **Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos.** Revista Química Nova, v. 31, n. 3, p. 556-561, março. 2008.

MEEKER DL, HAMILTON CR. **An overview of the rendering industry. 'Essential rendering'**. pp. 1–16. (The National Renderers Association; the Fats and Proteins Research Foundation; the Animal Protein Producers Industry: Arlington, VA). 2006.

MEEKER DL. **North American rendering: processing high quality protein and fats for feed.** Revista Brasileira de Zootecnia 38, 432–440. doi:10.1590/S1516-35982009001300043. 2009

MEEKER, D.L. **North American Rendering: processing high quality protein and fats for feed.** Rev. Brasil. Zootec., v. 38, p. 432-440, 2009.

MENEGUZ M, SCHIAVONE A, GAI F, DAMA A, LUSSIANA C et al. **Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae.** Journal of the Science of Food and Agriculture 98: 5776–5784. 2018

MENTEN, J.F.M., GAIOTTO, J.B. E RACANICCI, A.M.C. **Valor nutricional e qualidade de óleos e gorduras para frangos de corte.** IN: Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos. Campinas SP. CBNA. p. 93-134. 2003.

MIURA, E. M. Y. et al. **Avaliação biológica de soja com baixa atividade de inibidores de tripsina e ausência do inibidor Kunitz.** Arch. Latinoam. Nutr., Caracas, v. 51, n. 2, p. 1- 8, 2001.

MOLOGNONIA, L., PLOÊNCIO, L. A. de S., MACHADO, A. M. L., DAGUER, H. **The hole of measurement uncertainty in the conformity assessment of the chemical composition of feeds.** Microchemical Journal, vol, 131, pg 79-91. 2017.

MOSCHOPOULOU, E., MOATSOU, G., SYROKOU, M. K., PARAMITHIOTIS, D., DROSINOS, E. H. **Food quality changes during shelf life.** Food quality and Shelf life. 2019.

MOUITHYS-MICKALAD, A.; TOME, N. M.; BOOGAARD, T. **Evaluation of the oxidation quality of comercial *Hermetia illucens* meal.** Journal of insects as food and feed. 2021.

NEWTON, G. L.; BOORAM, R. W.; BARKER, W.; HALE, O. M. **Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine.** JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, Vol. 44, p. 395-400, 1977.

NEWTON, L.; SHEPPARD, C.; WATSON, D W.; BURTLE, G.; DOVE, R.. **Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure.** [S.l.]. 2005.

NGUYEN, T. T.; TOMBERLIN, J. K.; VANDERHOEVEN, S. **Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste.** Environmental Entomology 44: 406-410. 2015.

NOGUEIRA, A. R. A. **Preparo de amostras.** São Carlos, 2012.

NOTERMANS, S. **A user guide to microbial challenge testing for ensuring the safety and stability of food products.** Int. J. Food Microbiol. 10, 145-147. 1993.

NONGONIERMA, A. B., & FITZGERALD, R. J. **Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, 43, 239-252. 2017.

NUNES, R. V. et al. **Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal.** SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Campinas, SP: CBNA. p. 235-272. 2001

NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; NUNES, C.G.V.; ALBINO, L.F.T.; POZZA, P.C.; DIONIZIO, M.A.; DE ARAÚJO, M.S. **Valores energéticos de diferentes alimentos de origem animal para aves.** Rev. Brasil. Zootec., v. 35, n. 4, p.1752-1757, 2006.

OLIVEIRA, C. C. M., OLIVEIRA, D. R. B., & SILVEIRA, V. JR. **Variability in the shelf life of table grapes from same batch when exposed under different ambient air conditions.** Food Science and Technology, 41(Suppl. 1), 290-300. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.14220>. 2022.

ONU, United nations, department of economic and social affairs **The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section**, 2012.

OONINCX, D. G. A. B. et al. **Photoreceptor spectral sensitivity of the compound eyes of black soldier fly (Hermetia illucens) informing the design of LED-based illumination to enhance indoor reproduction.** Journal of Insect Physiology, v. 95, p. 133-139, 2016.

PENZ Jr, A. M.; BRUGALLI, I. **Soja e seus derivados na alimentação de aves.** In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, Campinas, SP. Anais... Campinas: CBNA, 2001. p. 85-108. 2001.

PODSEDEK, A. **Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review.** Journal of Food Composition and Analysis, v.40, p.1-11. 2007.

RACANICCI A.M.C et al. **Efeito da Adição do Antioxidante BHT e do Armazenamento Sobre a Qualidade da Farinha de Carne e Ossos Para Frangos de Corte.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v. 2, n. 2, maio/agosto 2000.

RACHMAWATI, R.; BUCHORI, D.; HIDAYAT, P.; HEM, S.; FAHMI, M. R. **Perkembangan dan kandungan nutrisi larva Hermetia illucens (linnaeus)(Diptera: Stratiomyidae) pada bungkil kelapa sawit.** Jurnal Entomologi Indonesia 7: 28-41. 2010.

RAMALHO, V. C., & JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos.** Química Nova, 29(4). doi:10.1590/s0100-40422006000400023. 2006.

RAMOS RM, VALENTE IM, RODRIGUES JA. **Analysis of biogenic amines in wines by salting-out assisted liquid–liquid extraction and highperformance liquid chromatography with fluorimetric detection.** Talanta 124, 146–151. doi:10.1016/j.talanta.2014.02.026. 2014.

RAMOS-ELORDUY, J.; MORENO, J. M. P.; PRADO, E. E.; PEREZ, M. A.; OTERO, J. L.; DE GUEVARA O. L. **Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico.** J Food Compos Anal,10(2):142-57. 1997.

RAVZANAADII, N.; KIM, S-H.; CHOI, W. H.; HONG, S-J.; KIM, N. J. **Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source.** Int. J. Indust. Entomol. Vol. 25, No. 1, pp. 93-98. 2012.

RÊGO IOP, MENEZES LDM, FIGUEIREDO TC, OLIVEIRA DD, ROCHA JSR, LARA LJC, LIMA AL, SOUZA MR, CANCADO SV. **Bioactive amines and , microbiological quality in pasteurized and refrigerated liquid whole egg.** Poultry Science 93, 1018–1022. doi:10.3382/ps.2013-03694. 2015.

Regulation (EU) No 1372/2021 of 17 August 2021 **Amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals.** Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:295:FULL&from=EN>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Regulation (EU) No 2017/893 of 24 May 2017. **Amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as Regards the Provisions on Processed Animal Protein.** Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0893>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Regulation (EU) No 56/2013 of 16 January 2013 **Amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council Laying Down Rules for the Prevention, Control and Eradication of Certain Transmissible Spongiform Encephalopathies.** Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R0056>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Revisão

REIS, J. S.; XAVIER, E. G.; NONES, J.; ROLL, V. F. B. **Avaliação em diferentes períodos do índice de peróxidos em amostras de farinha de vísceras e farinha de penas, protegidas pelo antioxidante etoxiquim.** XVII Congresso de iniciação científica. 2008.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas**

**brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4<sup>o</sup> Edição, Universidade Federal de Viçosa. 2017

RUIZ-CAPILLAS, C.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. **Biogenic amines in meat and meat products.** *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 44, n. 7-8, p. 489–499, 2004.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. **Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review.** *J Clean Prod* 65:16-27. 2014.

SHAHIDI, F., ZHONG. Y. **Bailey's industrial oil and fat products – lipid oxidation: measurement methods**, 6th ed. John Wiley & Sons, Inc., St. John's, Newfoundland, Canada. 2005.

SHEPPARD, D. C. et al. **Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae).** *J. Med. Entomol.*, Tifton, 2002. 695-698

SIKORA E., CIESLIK E., TOPOLSKA K. **The Sources of Natural Antioxidants.** *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*; 7(1): 5-17. 2008.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA NETO, W.; ORTIZ, F. R.; CASTRO, C. **Análise comparativa de métodos de extração de nutrientes de tecidos vegetais.** In: jornada acadêmica da embrapa soja, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Documentos, 297), p. 154-158, 2008.

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

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes / (Ed) – 2. ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.**

SIMIC, M. G.; JAVANOVIC, S. V. **Em Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis;** Ho, C. T.; Osawa, T.; Huang, T. M.; Rosen, R. T., eds.; *Food Phytochemicals for Cancer Prevention*: Washington, 1994, p. 20

SINDIRAÇÕES. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal.** São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, 2007. 204 p.

ST-HILAIRE, S., CRANFILL, K., MCGUIRE, M.A., MOSLEY, E.E., TOMBERLIN, J.K., NEWTON, L., SEALEY, W., SHEPPARD, C. AND IRVING, S. **Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids.** *Journal of the World Aquaculture Society*, 38: 309-313. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x>. 2007.

STARZYŃSKA-JANISZEWSKA A., STODOLAK B., JAMRÓZ M. **Antioxidant properties of extracts from fermented and cooked seeds of Polish cultivars of *Lathyrus sativus*.** *Food Chemistry*, v.109, n.2, p.285-92. 2008.

TAKEMOTO, E. et al. **Surto de intoxicação por histamina associado ao consumo de atum em conserva no Estado de São Paulo, Brasil.** BEPA, v. 11, n. 126, p. 25–28, 2014.

TOLEDO, M. C. F.; ESTEVES, W.; HARTMANN, E. M.; **Eficiência de antioxidantes para óleo de soja.** Ciências e tecnologia de alimentos. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 5, n. 1, 1985.

TOMBERLIN, J. K.; SHEPPARD, D. C. **Factors Influencing Mating and Oviposition of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) in Colony.** J. Entomol. Sci., 37, n. 4, 345-352. 2002.

VAN HUIS, A. **Potential of insects as food and feed in assuring food security.** Annual Review of Entomology, v. 58, p. 563-583. ISSN 0066-4170. 2013.

VELDKAMP, T. et al. **Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Stud.** Wageningen UR Livestock Research. 2012.

VELOSO, M. C. C. **Compostos orgânicos voláteis e ácidos graxos em peixes marinhos.** Salvador. Instituto de química, Universidade Federal da Bahia. 2005.

VILELLA, L.D. M. **Produção de insetos para uso na alimentação animal.** [Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Zootecnista]. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2018.  
ZHANG, X., SUN, G., XIAO, X., LIU, Y., ZHENG, X. **Application of microbial TTIs as smart label for food quality: response mechanism, application and research trends.** Trends Food Sci. Technol. 51, 12–23. 2016.

YONG, Y, XIAOXIAO, S, XIAONAN, S, BAOKUN, Q, ZHONGJIANG, W, YANG, L, LIANZHOU, J. **Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability,** Industrial Crops and Products, Volume 80, Pages 141-147, 2016.