



VANESSA AVELAR SILVA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS DE SELÊNIO PARA O
ENRIQUECIMENTO DE CARNES DE FRANGOS DE CORTE
E SUÍNOS**

**LAVRAS-MG
2018**

VANESSA AVELAR SILVA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS DE SELÊNIO PARA O ENRIQUECIMENTO DE
CARNES DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

**LAVRAS-MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Vanessa Avelar.

Programas nutricionais de Selênio para o enriquecimento de
carnes de frangos de corte e suínos / Vanessa Avelar Silva. - 2018.
117 p.

Orientador(a): Antônio Gilberto Bertechini.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.
Bibliografia.

1. Selênio biocomplexado. 2. Qualidade de carne. 3. Deposição
de selênio. I. Bertechini, Antônio Gilberto. . II. Título.

VANESSA AVELAR SILVA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS DE SELÊNIO PARA O ENRIQUECIMENTO DE
CARNES DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS
SELENIUM NUTRITION PROGRAMS FOR THE ENRICHMENT OF MEAT
BROILERS AND PIGS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2018.

Prof. Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos	UFLA
Dra. Helenice Mazzuco	EMBRAPA
Prof. Dra. Luciana de Paula Naves	UNIFENAS
Prof. Dr. Raimundo Vicente de Sousa	UFLA

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

**LAVRAS-MG
2018**

DEDICATÓRIA

*A Deus por me guiar em todos os passos dados até aqui.
Aos meus pais e minha irmã por acreditarem no meu potencial e não pouparem esforços para
que meu sonho fosse realizado.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a vida e o amor pela minha profissão.

Aos meus pais, minha irmã e meu noivo pelo apoio e suporte de sempre, me ajudando a contornar as adversidades e compartilhando comigo as alegrias das vitórias.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro a este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini pela paciência, confiança, dedicação, incentivo e ensinamentos, indispensáveis para o meu crescimento profissional e pessoal. “*Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes*” - Isaac Newton.

Aos professores Dr. Eduardo Mendes Ramos e Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos, aos alunos de graduação e pós-graduação do Laboratório de Análise de Carnes e Derivados por toda ajuda, paciência e dedicação para condução das análises.

Aos meus queridos amigos: Alisson, Bernardo e Bárbara, pela paciência, parceria e companheirismo, seja nos experimentos ou nas deliciosas risadas ao longo desses anos.

Aos companheiros: Luís, Robert, Andressa e Fabiana que auxiliaram de forma ímpar durante a condução dos experimentos.

Ao NECTA pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, onde fiz amizades e adquiri conhecimentos que levarei comigo a vida toda.

Aos amigos Anderson e Maria pelo auxílio durante os experimentos.

Aos professores e demais funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, sempre prestativos em todos os momentos.

À banca examinadora pela disponibilidade, atenção e contribuição para este trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

A importância nutricional do selênio (Se) vem sendo investigada nas diversas áreas da biologia, seja na área humana, animal ou vegetal. Até metade do século XX este micromineral era estudado apenas por sua capacidade tóxica, no entanto, atualmente se sabe de sua importante contribuição para a manutenção do equilíbrio oxidativo por meio da ativação de sistemas que combatem radicais livres danosos às células. Estudos recentes demonstram que fontes biocomplexadas de Se possuem maior biodisponibilidade e, portanto, melhor deposição em alguns tecidos animais, contribuindo para manutenção da saúde e aumento na qualidade das carnes tanto de frangos de corte como de suínos. No entanto, a grande limitação para sua utilização é o alto custo em relação ao Selenito de Sódio, comumente utilizados nas rações para animais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da utilização de fontes biocomplexadas de Se sobre o desempenho, deposição tecidual e qualidade de carne de frangos de corte e de suínos em fase de terminação. Foram conduzidos quatro experimentos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. No primeiro experimento foram utilizados 2100 pintos machos de um dia Hubbard Flex, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em 12 tratamentos com sete repetições, totalizando 84 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram da suplementação de Selenometionina (SM-1600 ppm) nos níveis de 0,3 e 0,5 ppm em substituição ao selenito de sódio (SS-45,7%) em diferentes fases pré-abate. No segundo experimento foram utilizados 224 pintos de um dia, machos Hubbard Flex, distribuídos aleatoriamente em 28 gaiolas metabólicas. As aves foram distribuídas em quatro tratamentos com sete repetições de 8 aves cada no período experimental de 1-21 e parcela experimental com 4 aves cada no período de 22-42 dias de idade das aves. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de inclusão de SM (0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm). Em ambos os experimentos foram avaliados o desempenho (1-21 e 1-42 dias), rendimento de carcaça e de cortes, retenção aparente de Se (33-35 dias), características físico-químicas da carne do peito: cor objetiva, perda de peso por gotejamento (PPG), perda de peso por cozimento (PPC), pH, índice de peróxidos (IP); e deposição tecidual de Se no peito e no fígado. No terceiro experimento foram utilizados 1200 pintos de um dia machos Cobb 500, distribuídos inteiramente ao acaso em quatro tratamentos com 10 repetições cada. Os tratamentos consistiram de duas fontes de Se-levedura (3000 ppm e 2000 ppm), uma fonte inorgânica (Selenito de sódio, 45,7% de Se) e a combinação entre a fonte inorgânica e Se-levedura 3000 ppm. As dietas foram à base de milho e farelo de soja e para todos os

tratamentos a inclusão de Se foi de 0,3 ppm. Os índices de desempenho foram determinados de 1- 21 e de 1-42 dias. Aos 42 dias duas aves por parcela foram abatidas para determinação do rendimento de carcaça e de cortes. Os peitos e os fígados foram coletados para determinação das características físico-químicas da carne e deposição tecidual de Se e foi retirada uma amostra de sangue das aves para a determinação da atividade da GSH-Px. No quarto experimento foram utilizados 64 suínos híbridos machos castrados (PICxPIC) distribuídos em blocos casualizados de acordo com o peso corporal em 8 tratamentos e 8 repetições, sendo cada animal uma parcela experimental. Os tratamentos foram constituídos de dois níveis de Se provenientes do Selenito de Sódio (SS– 0,3 e 0,6 ppm), quatro níveis de Se provenientes da Selenometionina (SM – 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm) e duas combinações de SS com SM (SS 0,15 + SM 0,15 ppm e SS 0,3 + SM 0,3 ppm). As rações foram à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais. Foram avaliados os índices de desempenho, rendimento de carcaça a frio, características físico-químicas da carne do lombo e deposição tecidual de Se no músculo e no fígado. Foi observado que o nível de SM não influencia o desempenho de frangos de corte e de suínos em fase de terminação. Não foram observadas diferenças nas retenções aparentes de Se para nenhuma das fontes de Se tampouco para os níveis dietéticos para frangos de corte. As características físico-químicas da carne foram influenciadas pelas fontes de Se tanto para frangos de corte quanto para suínos, sendo que, as fontes biocomplexadas apresentaram melhores resultados que a fonte inorgânica. A deposição de Se muscular também foi influenciada pela fonte dietética de Se, pelo nível de inclusão e pela idade de suplementação das aves, sendo que as fontes biocomplexadas proporcionaram maior deposição de Se muscular para aves e para suínos. Para aves, observou-se um aumento linear na deposição de Se muscular de acordo aumentou-se os níveis dietéticos de SM, no entanto, para suínos, foi verificado um comportamento quadrático na deposição muscular. Verificou-se também que suplementando SM ao nível de 0,5 ppm apenas na última semana antecedente ao abate de frangos de corte é possível obter uma deposição semelhante à encontrada suplementando-se SM ao nível de 0,3 ppm de 1 a 42 dias. As fontes biocomplexadas de Se foram mais biodisponíveis que o selenito de sódio, proporcionando maior deposição muscular e melhora nas características de qualidade de carne tanto para frangos quanto para os suínos.

Palavras-chave: Selênio biocomplexado. Qualidade de carne. Deposição de selênio.

ABSTRACT

The nutritional importance of selenium (Se) has been investigated at several areas of biology, whether in the human, animal or plant area. Until half of century XX this mineral trace was studied only by its toxic capacity, however, however, at the moment it is known of its important contribution for the maintenance of the oxidative balance by means of the activation of systems that fight free radicals harmful to the cells. Recent studies have shown that biocomplexes sources have a higher bioavailability and, therefore, better deposition in some animal tissues, contributing to the maintenance of health and increase in meat quality of both broilers and pigs. Nevertheless, the great limitation for its use is the high cost with respect to the sodium selenite, commonly used in animal feeds. The objective of the present study was to evaluate the effect of the use of Se biocomplexed sources on performance, tissue deposition and meat quality of broilers and pigs in finishing phase. Four experiments were conducted at the Animal Science Department of the Federal University of Lavras. At the first experiment, 2100 Hubbard Flex day male chicks were distributed in a completely randomized design in 12 treatments, with seven replicates, totalizing 84 experimental pens. The treatments consisted of supplementation of Selenomethionine (SM-1600 ppm) at levels of 0.3 and 0.5 ppm in replacement of sodium selenite (SS-45.7%) in different pre-slaughter phases. At the second experiment, 224 day-old male Hubbard Flex chicks were randomly distributed in 28 metabolic cages. The birds were distributed in four treatments with seven replicates of 8 birds each in the experimental period of 1-21d and experimental pens with 4 birds each in the period of 22-42 days of the birds. The treatments consisted of four inclusion levels of SM (0.3, 0.4, 0.5 and 0.6 ppm). Were evaluated in both experiments: the performance (1-21 and 1-42 days), carcass and cuts yield, apparent retention of Se (33-35 days), physicochemical characteristics of breast meat: objective color, drip loss (DL), cooking loss (CL), pH, peroxide index (PI); and tissue Se deposition in breast and liver. The third experiment, were used 1200 male Cobb 500 day-old chicks, randomly distributed in four treatments with 10 replicates each. The treatments consisted of two sources of Se-yeast (3000 ppm and 2000 ppm), an inorganic source (sodium selenite, 45.7% Se) and the combination between the inorganic source and Se-yeast 3000 ppm. The diets were based on corn and soybean meal and for all treatments the inclusion of Se was 0.3 ppm. Performance indices were determined from 1-21 and from 1-42 days. At 42 days two birds per pen were slaughtered to determine the carcass and cuts yield. Breasts and livers were collected for determination of physicochemical

characteristics of breast meat and tissue deposition of Se and a blood sample was collected from the birds for determination of GSH-Px activity. At the fourth experiment were used 64 male neutered hybrid pigs (PICxPIC), distributed in randomized blocks according to body weight in 8 treatments and 8 replicates, each animal being an experimental unit. The treatments consisted of two Se levels from the Sodium Selenite (SS - 0.3 and 0.6 ppm), four Se levels from Selenomethionine (SM - 0.3, 0.4, 0.5 and 0.6 ppm) and two combinations of SS with SM (SS 0.15 + SM 0.15 ppm and SS 0.3 + SM 0.3 ppm). The diets were based on corn and soybean meal supplemented with vitamins and minerals. Were evaluated the performance, cold carcass yield, the physicochemical characteristics of the meat loin and Se tissue content in muscle and liver. It was observed that the level of SM no effect on the performance of broiler chickens and swine in the finishing stage. No differences were observed in the apparent retentions of Se for any Se sources and levels for broilers. The physicochemical characteristics of the meat were influenced by the sources of both for broilers and pigs, and the biocomplexed sources presented better results than the inorganic source. Se muscular deposition was also influenced by the dietary source of Se, by the inclusion level and the age of supplementation of the birds, and the biocomplexed sources provided greater deposition of muscular Se for birds and for pigs. For birds, a linear increase in the deposition of muscle was observed according to the dietary levels of SM, however, for pigs, a quadratic behavior was verified in the muscular deposition. It has also been found that supplementing SM at the level of 0.5 ppm only in the last week before the slaughter of broiler, a similar deposition can be obtained by supplementing SM at the level of 0.3 ppm from 1 to 42 days. The biocomplexed sources of Se were more bioavailable than sodium selenite, providing greater muscular deposition and improvement in meat quality characteristics for both chickens and pigs.

Key-words: Biocomplexed Selenium. Meat quality. Selenium deposition

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Importância nutricional do selênio	12
2.1.1 Metabolismo do selênio	13
2.1.2 Glutathiona peroxidase	14
2.2 Biodisponibilidade das diferentes fontes de selênio.....	16
2.3 Influência da idade sobre a absorção e metabolismo de selênio para frangos de corte e suínos	17
2.4 Exigências nutricionais de selênio para frangos de corte e suínos	19
2.5 Formas de incorporação de selênio na carne de frangos e de suínos.....	20
2.6 Selênio e qualidade da carne.....	20
2.6.1 Influência das fontes de selênio sobre a oxidação lipídica e cor objetiva da carne .	22
2.6.2 Influência das fontes de selênio sobre a perda de peso por gotejamento e pH das carnes	23
2.7 Selênio e nutrição humana.....	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS	27
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	37
ARTIGO 1. Suplementação de selenometionina em diferentes idades e níveis sobre a qualidade da carne, deposição tecidual e retenção de selênio em frangos de corte	38
ARTIGO 2. Fontes de selênio sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de selênio para frangos de corte.....	72
ARTIGO 3. Diferentes níveis de selenometionina sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de Selênio em suínos em fase de terminação.....	94

1 INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um micronimeral essencial a todas as formas de vida. Está relacionado com a integridade das membranas celulares, prevenindo a ação de substâncias potencialmente danosas às células (SCHRAUZER, 2003; RAYMAN et al., 2008) e sua ação se dá por meio de sistemas enzimáticos antioxidantes como glutathiona peroxidase, tioredoxina redutase e outras selenoproteínas (HAWKES e ALKAN, 2010).

As propriedades do Se vêm sendo investigadas em várias áreas da ciência, dentre elas, a medicina e a nutrição animal e humana. Vários autores verificaram o efeito positivo da ingestão de Se na prevenção de diversos tipos de cânceres (COMBS, 2004; DENNERT et al., 2011; GIFKINS et al., 2012)

O Se pode ser encontrado na natureza nas formas biocomplexada e inorgânica, tendo sido identificadas a primeira forma em microrganismos, plantas, animais e em seus produtos (NRC,1983). As formas biocomplexadas de Se se dão por meio da substituição do enxofre nos aminoácidos sulfurados e isso só é possível pela semelhança química com o enxofre, tais como tamanho do átomo, potencial de ionização e afinidade eletrônica (NRC - SUBCOMITÊ DE SELÊNIO, 1983).

Entre as formas biocomplexadas incluem-se a selenometionina e selenocisteína, que tem sido chamada de vigésimo primeiro aminoácido (WINKEL, 2015); entre outras formas de selênio como biocomplexo: selenocistina, selenometilselenocisteína, selenohomocistina, selenometilselenometionina, selenometionina selenóxido e dimetilseleneto (SHRIFT, 1969).

Há evidências da presença das formas inorgânicas: selenito e selenato em plantas, porém, a selenocisteína, selenocistina e selenometionina são os principais compostos de selênio presentes nas sementes e nas forrageiras, portanto, a principal forma em que os animais consomem este mineral é a forma biocomplexada (OLSON et al, 1970).

No entanto, os níveis de Se nas plantas, tecidos dos animais e nos seres humanos de determinada região estão diretamente relacionados com os níveis do micromineral nos solos, e isso por sua vez, está associado com a pedologia, localização nas áreas de cultivo e de criação dos animais (ANDERSON et al. 1961; LONGNECKER et al. 1991). A biodisponibilidade do Se para a planta depende do pH, condições de oxirredução e teor de matéria orgânica dos solos, textura, teor de ferro, dos solos, entre outras (RAYMAN et al., 2008). De maneira geral, a distribuição de Se nos solos pelo mundo ocorre de forma heterogênea, havendo um

predomínio de solos pobres, influenciando na variação da concentração nos alimentos e na ingestão pelos humanos e animais (BERTECHINI et al., 2015).

Como resultado dessa heterogeneidade, as rações de frangos e de suínos devem ser suplementadas com selênio para garantir a ingestão adequada do mineral por estes animais, sendo esta suplementação feita na maioria das vezes com a fonte inorgânica de Se, como o selenito de sódio (Na_2SeO_3). A partir do ano 2000 a *Food and Drug Administration* permitiu a utilização de Se-levedura como fonte biocomplexada do mineral, possibilitando vários estudos sobre a utilização da mesma (SILVA, 2014) e outras fontes orgânicas de Se.

Estudos recentes comprovam que as fontes biocomplexadas de Se possuem maior capacidade de incorporação do mineral no músculo dos animais (OLIVEIRA et al., 2014; SILVA, 2014; PERIĆ et al., 2009), estando positivamente relacionadas com a melhora nas características físico-químicas das carnes como: maior estabilidade oxidativa, menor palidez e menor perda por exsudação e, conseqüentemente, maior vida de prateleira e menores perdas econômicas.

Diante destes benefícios, a utilização de fontes biocomplexadas de Se se mostra uma alternativa interessante para aumentar a deposição de selênio nas carnes de suínos e de frangos de corte. No entanto, a grande limitação da utilização de fontes biocomplexadas é o alto custo em relação à fonte inorgânica. Uma alternativa para este problema seria a suplementação das rações dos animais com Se biocomplexo apenas por alguns períodos que antecedem ao abate e não durante todo período de vida do animal, bem como a adequação dos seus níveis e formas de inclusão, implicando em pesquisas nessa área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância nutricional do selênio

Por algumas décadas as pesquisas com Se foram impulsionadas pela característica de toxicidade do mineral (FRANKE e PAINTER, 1936). No ano de 1957, os pesquisadores Schwarz e Foltz descobriram que o Se atuava de maneira importante na prevenção da necrose hepática em ratos, agindo como cofator essencial em sítios específicos do metabolismo intermediário, sugerindo desta forma, que o Se era na verdade, um elemento crucial para a manutenção da vida. A partir daí, inúmeros estudos foram desenvolvidos a fim de esclarecer a maneira como este elemento se comporta fisiológica e metabolicamente, sendo ainda hoje, um importantíssimo objeto de estudo na nutrição humana, animal e vegetal.

Sabe-se que a principal característica que torna o Se um elemento bastante estudado é o seu potencial antioxidante, atuando no combate a radicais livres que promovem a oxidação das membranas celulares. Atua em conjunto com a vitamina E, enquanto esta previne a formação de peróxidos, que são radicais livres extremamente danosos às células, o Se atua combatendo os peróxidos já formados (BERTECHINI in SAKOMURA et al., 2014). Sua atuação se dá por meio da ativação da enzima glutathione peroxidase (GSH-Px) em conjunto com outras enzimas não selenadas como superóxido dismutase e catalase, constituindo o sistema primário de defesa antioxidante (LI et al., 2017). No entanto, pelo menos 25 selenoproteínas foram identificadas em frangos de corte, dentre elas as comuns para animais e humanos são as glutathione peroxidases, tioredoxina redutases e iodotironina deiodinases (CHANG et al. 2017). As selenoproteínas têm atividades enzimáticas aprimoradas graças à incorporação específica de selênio por meio da selenocisteína (COULOIGNER et al. 2015).

Além da função no *status* antioxidante, o Se atua também na regulação dos níveis dos hormônios tireoideanos, por meio da enzima iodotironina deiodinase que catalisa a reação de conversão de T4 em T3, sua forma ativa (NRC, 2006). Outra função do Se está relacionada com a manutenção do sistema imunológico, segundo Cao et al. (2014), uma ingestão adequada do micromineral garante uma melhor função imune e uma deficiência pode ocasionar uma depleção nos mecanismos de defesa.

A deficiência de Se induz o estresse oxidativo, inflamação e apoptose celular, além de causar distúrbios estruturais e funcionais nos tecidos dos animais como: músculos, fígado, sistema imunológico, rim, pâncreas e tireoide (DALIA et al. 2017). As principais doenças que

acometem os animais domésticos nutricionalmente deficientes em Se são a distrofia muscular, a diátese exsudativa, o fígado necrótico e as doenças cardíacas (ZARCZYNSKA et al., 2013; CAO et al., 2014) além do comprometimento reprodutivo pela perda da integridade funcional de espermatozóides.

Os valores de ingestão de Se considerados tóxicos para os animais são amplamente variados entre os autores e entre as espécies animais. Além da concentração de Se dietético, sua forma química (biocomplexo ou inorgânica) influencia grandemente na possibilidade de intoxicação. Os próprios sintomas de intoxicação são variáveis entre as espécies, no entanto, segundo Putarov (2010) a principal característica é o odor de alho na respiração, devido à metilação do Se em excesso para ser eliminado pelo organismo pela via respiratória. Ainda segundo o mesmo autor, outras características de intoxicação são paralisia, cegueira, alopecia e salivação em excesso.

2.1.1 Metabolismo do selênio

A absorção de Se está diretamente ligada à sua forma química como biocomplexo ou inorgânica. A forma biocomplexada mais utilizada na avicultura é a selenometionina, que possui absorção semelhante à da metionina. A selenometionina ingerida é absorvida no intestino delgado por meio do sistema de transporte de aminoácidos sódio dependente, ou seja, por transporte ativo (SCHRAUZER, 2000) enquanto que a forma inorgânica é absorvida por meio de difusão simples (BERTECHINI, 2012).

De acordo do Daniels (1996) apesar do destino metabólico distinto para fontes biocomplexadas e inorgânicas, todo o Se absorvido é convertido a seleneto inorgânico e seleneto de hidrogênio (H_2Se) antes da incorporação específica da selenocisteína no sítio ativo das selenoproteínas. Segundo Schrauzer (2000), a selenometionina que não é prontamente metabolizada é incorporada em tecidos com alta síntese proteica, como músculos esqueléticos, eritrócitos, pâncreas, fígado, rim, estômago e mucosa intestinal enquanto que o selenito de sódio em excesso é excretado com maior facilidade (OLIVEIRA et al. 2014).

Lesson e Summers (2001) afirmam que a manutenção da homeostase deste mineral é feita por meio de excreção urinária, sendo esta a rota primária de excreção dos metabólitos de Se nas formas metilselenol e trimetilselenônio. A excreção pela via respiratória acontece quando há uma saturação na eliminação urinária do trimetilselenônio, causada por um excesso de Se dietético, então há a excreção na forma volátil dimetilseleneto (COMINETTI e COZZOLINO, 2009) (Figura 1).

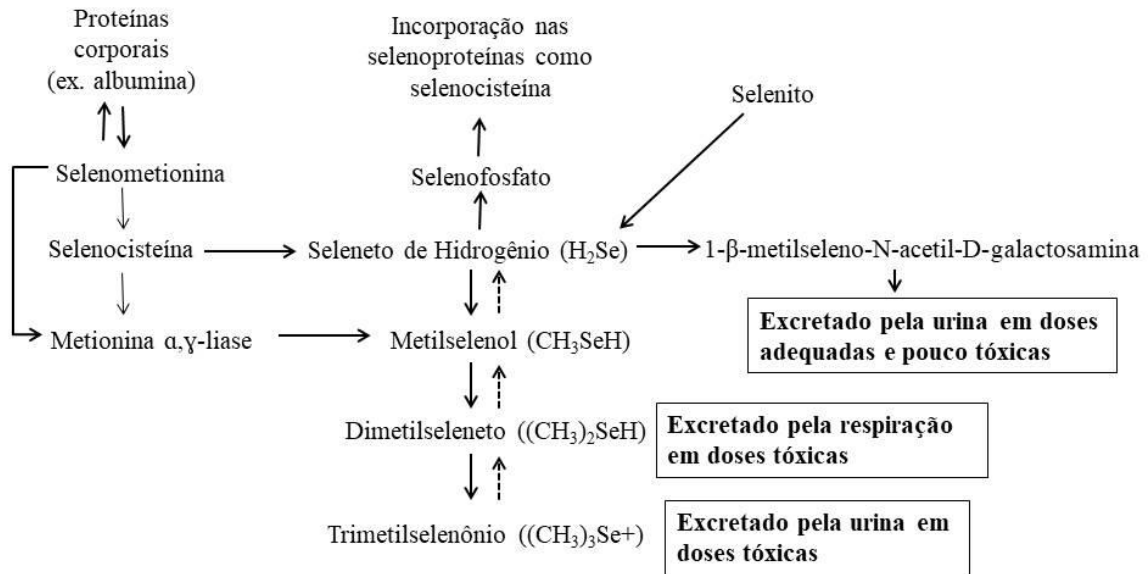


Figura 1. Diagrama ilustrativo do metabolismo de Selênio (Adaptado de Meuillet et al. 2004).

2.1.2 Glutationa peroxidase

A atuação do Se na manutenção do equilíbrio oxidativo se deve à sua participação como constituinte da enzima GSH-Px na forma de selenocisteína. A selenocisteína tem sua estrutura química semelhante à cisteína, porém, possui uma molécula de Se no lugar do enxofre (Figura 2). Segundo Schrauzer (2000) a selenometionina é ativada inicialmente por adenosilação, demetilação e posteriormente convertida a selenocisteína via selenohomocisteína e selenocistationina de maneira análoga à metionina e sem o envolvimento de enzimas específicas para selenometionina.

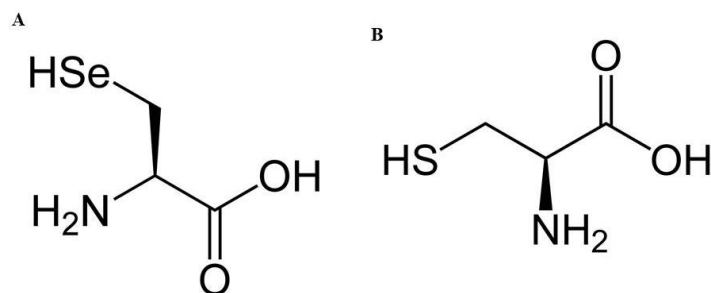


Figura 2. Estrutura química da selenocisteína (A) e da cisteína (B).

A GSH-Px foi descoberta em eritrócitos de mamíferos por Mills em 1957 e é a principal enzima que atua no controle da formação de radicais livres por meio da redução de peróxido de hidrogênio e peróxido lipídico para água e álcool correspondente (DALIA et al., 2017), de acordo com a figura 3. A enzima glutathiona redutase, age em conjunto com a GSH-Px, sendo responsável pela regeneração da glutathiona à sua forma reduzida na presença de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), impedindo a paralização do ciclo metabólico (ROVER Jr. et al., 2001).

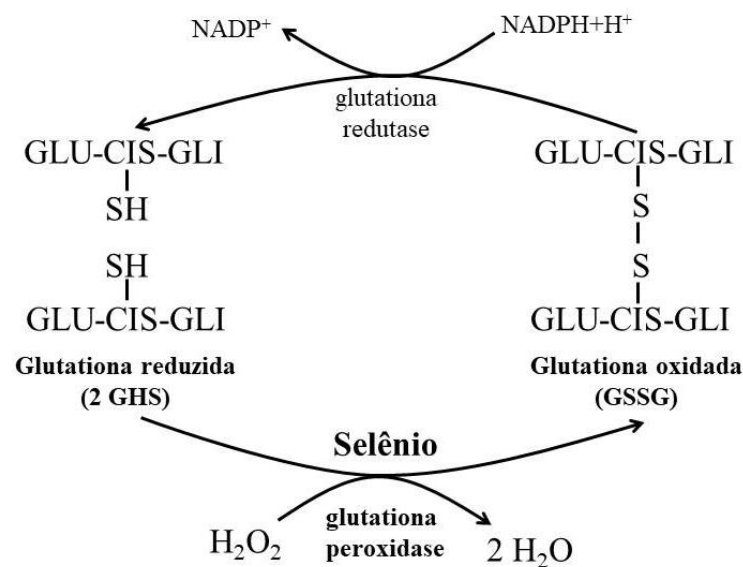


Figura 3. Atuação da glutathiona peroxidase, adaptado de Bertechini (2012).

A distribuição e atividade dessa enzima variam entre as espécies. A atividade da GSH-Px está diretamente relacionada com a ingestão de Se, portanto, um consumo inadequado de Se influencia diretamente na capacidade de degradação dos peróxidos de hidrogênio (ROTTA, 2007). De acordo com Lawrence et al. (1974) em ratos com selenemia adequada, a atividade de GSH-Px é maior no fígado e nos eritrócitos, moderada no coração, pulmões, rins e glândulas suprarrenais; e baixa no cérebro. Já para pintinhos a ação da GSH-Px é alta no fígado e moderada nos eritrócitos (OMAYE e TAPPEL, 1974).

2.2 Biodisponibilidade das diferentes fontes de selênio

A essencialidade do Se para humanos e animais é bem reconhecida atualmente, porém, a forma apropriada para sua suplementação ainda é muito discutida e os resultados da literatura ainda são contraditórios. Segundo Hamilton (2004), este elemento possui uma ambiguidade fisiológica: em concentrações traço, é necessário para o crescimento e desenvolvimento normal do organismo e em concentrações elevadas torna-se extremamente tóxico, sendo o intervalo entre a exigência e a toxicidade muito estreito.

As fontes biocomplexadas ou também denominadas fontes orgânicas de Se são caracterizadas pela substituição do elemento S por Se em moléculas de aminoácidos sulfurados como selenometionina, selenocisteína e selenocistina. Grãos e forrageiras convertem Se principalmente em selenometionina e incorporam-no no lugar na metionina, uma vez que o RNA transportador que codifica este aminoácido não faz distinção entre essas moléculas (SCHRAUZER, 2000). Da mesma forma, a absorção das moléculas selenadas no intestino dos animais se dá pelos mesmos mecanismos de absorção das moléculas análogas sulfuradas (PERIĆ et al., 2009).

O Se pode ser absorvido sob as formas inorgânicas: selenato e selenito de sódio e as biocomplexadas selenometionina e selenocisteína. Diversos fatores influenciam no metabolismo do Se, dentre eles, o nível consumido e sua forma química. Embora animais e humanos, sejam capazes de utilizar eficientemente o Se a partir de todas estas formas, é evidente que o potencial da atividade biológica é dependente da forma e fonte química do selênio (HAWKES et al., 2003).

Além da fonte, a biodisponibilidade pode ser afetada por fatores facilitadores da absorção, como proteínas, vitaminas E e A, e também por inibidores de sua absorção, como os metais pesados chumbo, cádmio e mercúrio (FAIRWEATHERTAIT, 1997).

As formas biocomplexadas de Se são consideradas mais prontamente absorvidas pelos enterócitos e a mais utilizada nas rações de aves é a selenometionina que possui absorção semelhante à da metionina. O selênio na forma biocomplexada é retido em maiores quantidades no músculo, enquanto que a forma inorgânica é excretada com mais facilidade (OLIVEIRA et al., 2014).

De acordo com o Subcomitê de Selênio do Comitê de Nutrição Animal (NRC, 1983), a absorção de selênio é significativamente mais baixa em ruminantes do que em monogástricos. Atualmente, a suplementação para frangos de corte e para suínos, é em sua maioria, feita por meio da fonte inorgânica selenito de sódio, no entanto, estudos comprovam

que as fontes bicomplexadas como Se-levedura e Selenometionina são mais biodisponíveis (SURAI, 2002a; PAYNE e SOUTHERN, 2005; BOIAGO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014; LI et al., 2017). Contudo, existem diferenças na biodisponibilidade de algumas formas de Se-levedura, sendo atribuídas às cepas e às condições de crescimento das mesmas (SURAI e FISININ, 2014).

Recentemente, foi proposta uma nova fonte de Se orgânico, o ácido 2-hidróxi-4-metilselenobutanóico (HMSeBA), sendo verificado maior deposição do mineral em carnes de frango e de suínos quando comparado à Se-levedura (BRIENS et al., 2013; BRIENS et al., 2014; JLALI et al., 2014) devido à sua pureza. Pesquisas também estão sendo desenvolvidas quanto à forma inorgânica do Se, sendo que alguns autores verificaram que nanopartículas do mineral possuem uma maior área de superfície, alta eficiência catalítica, forte adsorção, baixa toxicidade e eficiência comparável ao selenito e ao Se-metilselenocisteína na regulação enzimática (WANG et al., 2007; ZHANG et al., 2008, LI et al. 2017).

McConnel e Cho (1965) observaram em *ramsters* que o transporte da selenometionina foi inibido pela metionina, mas o transporte de Se do selenito e selenocisteína não foi influenciado. Este fato pode ser explicado porque a selenometionina ocupa o lugar da metionina no organismo, e, desta forma, há uma competição pelo sítio de absorção no intestino.

2.3 Influência da idade sobre a absorção e metabolismo de selênio para frangos de corte e suínos

Não há muitas evidências acerca da influência da idade dos animais sobre a absorção e metabolismo de selênio.

Estudos mostram que pintinhos recém-eclodidos tem uma maior necessidade de aporte de substâncias antioxidantes devido ao estresse da eclosão, mudanças bruscas de temperatura, adaptação à dieta e outros, além disso, tecidos de embriões de frangos e de pintos recém-eclodidos apresentam uma grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, sendo, portanto, altamente sensíveis à peroxidação lipídica (SURAI, 2006; COULOIGNER et al., 2015). Os sintomas de deficiência de Se em aves são geralmente observados até os sete dias após o nascimento e associadas a baixos níveis de vitamina E e baixa atividade da GSH-Px (SURAI, 2002b), o que pode sugerir que dos sete aos dez dias, os pintinhos apresentam maior capacidade de absorção e/ou retenção do Se dietético, porém não existem pesquisas que comprovem esta hipótese.

Durante as fases de vida dos frangos, a maioria dos autores não verificam diferenças no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos de corte alimentados com selênio de várias fontes e níveis.

A suplementação de selênio ao nível de 0,3ppm para frangos de corte, independente da fonte, não promove efeitos sobre as características de desempenho zootécnico de frangos de corte (SILVA, 2014). Oliveira et al. (2014), comparou a utilização de selenito de sódio e Se-levedura para frangos de corte nos níveis de 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60ppm e não observaram diferença para nenhum dos parâmetros de desempenho.

Quanto à incorporação de Se nos tecidos de frangos de corte, Silva (2014), substituindo o selenito de sódio pelo Se-levedura nos diferentes períodos antes do abate (de quatro a uma semana pré-abate), a um nível de 0,3 ppm observou que os animais que receberam o Se-levedura de 1 a 42 dias apresentaram maiores deposições de Se na carne do peito, enquanto que os animais que receberam a fonte orgânica nas duas últimas semanas que antecedem ao abate, apresentaram deposição tecidual de Se satisfatória e superiores ao selenito de sódio. Isso sugere que não é necessário incluir Se-levedura nas dietas durante todo o período produtivo de frangos de corte, uma vez que se trata de uma fonte onerosa de Se. Como os frangos de corte modernos apresentam uma alta capacidade de ingestão e explosão de crescimento nas fases finais, culminando com um maior *turnover* proteico, sugere-se que há uma maior incorporação de Se na musculatura do peito destas aves neste período.

Para suínos, Cao et al. (2014) verificaram que leitões recém desmamados, recebendo 0,3 e 0,7 ppm de DL- selenometionina até os 42 dias de idade apresentaram melhor conversão alimentar em relação ao tratamento controle (sem selênio) e ao tratamento com selenito de sódio. Oliveira et al. (2017) também observaram melhor conversão alimentar para leitões desmamados que receberam Se-levedura. Mateo et al. (2007), realizaram um estudo para determinar a eficácia de Se-levedura em relação ao selenito de sódio sobre as características de rendimento de carcaça e desempenho de suínos nas fases de crescimento e de terminação. Os níveis de suplementação utilizados para o Se-levedura foram de 0,1, 0,2 e 0,3ppm, enquanto que o selenito de sódio foi suplementado a um nível de 0,3ppm. Estes autores verificaram que não houve diferença para as características de ganho de peso, conversão alimentar, consumo de ração e rendimento de carcaça dos animais.

De maneira geral, não existem informações diretas sobre as diferenças na absorção e metabolismo de selênio, no entanto, os trabalhos citados sugerem que o crescimento e desenvolvimento de aves e suínos não são comprometidos com a utilização de fontes diversas de selênio e variação de seus níveis na faixa de 0,1 a 0,7ppm.

2.4 Exigências nutricionais de selênio para frangos de corte e suínos

De acordo com as tabelas de recomendações e os manuais de linhagens, a exigência de Se para aves e suínos durante o período produtivo são bem distintas entre essas espécies e variadas entre os autores.

Fazendo uma comparação entre o NRC para aves (1994) e o manual da linhagem Cobb 500 (COBB-VANTRESS, 2008), ambas recomendam a suplementação de 0,3 ppm de Se para todas as fases de criação de frangos de corte. Esses níveis são recomendados levando-se em conta uma suplementação com selenito de sódio, mostrando que mesmo com o melhoramento genético e avanços nutricionais para estes animais, as recomendações se mantiveram ao longo dos anos.

Rostagno et al., (2017) por sua vez, determinam que há diferenças na exigência nutricional de Se para frangos de corte de acordo com a idade, variando de 0,35 ppm para 0,2 ppm para as fases inicial e final, respectivamente, utilizando-se fontes inorgânicas. Contudo estes mesmos autores fazem a distinção da exigência nutricional entre as fontes de Se, recomendando o uso de 0,15 ppm a 0,08 ppm de Se biocomplexo para as fases inicial e final, respectivamente. Mesmo com os conhecimentos recentes acerca das vantagens da utilização das fontes biocomplexadas de Se e da nanotecnologia, inúmeros trabalhos vem sendo desenvolvidos com o intuito de se determinar o melhor nível de inclusão dessas fontes (YOON et al., 2007; CAI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

O NRC para suínos (2012), recomenda a utilização de 0,3ppm para suínos em todas as fases, e essas recomendações são com base na suplementação com selenito de sódio. Já as Tabelas brasileiras para aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2017), preconizam que a inclusão de Se inorgânico nas rações para suínos são: 0,50ppm e 0,45ppm nas fase pré-inicial I e II, 0,37ppm na fase inicial, 0,30ppm e 0,25ppm nas fase de crescimento I e II, 0,21 ppm e 0,17ppm nas fases de terminação I e II. Da mesma forma que para frangos de corte, Rostagno et al. (2017) apontam a distinção entre as exigências nutricionais de suínos utilizando-se fontes inorgânicas e biocomplexadas, sendo que para estas fontes a exigência estabelecida está em torno de 0,20 ppm. Também para suínos, existe um grande número de trabalhos com intuito de verificar os níveis mais adequados de inclusão das fontes orgânicas e do nanoselênio (ZHAN et al., 2007; LIU et al., 2012; KAWĘCKA et al., 2013; CAO et al., 2014).

2.5 Formas de incorporação de selênio na carne de frangos e de suínos

A deposição de Se no músculo é feita por meio da incorporação de moléculas de selenoaminoácidos no tecido. Vários estudos comparando as fontes de Se na deposição muscular, comprovam que as fontes orgânicas possuem melhor eficiência de deposição em várias idades.

Alguns trabalhos demonstram que a inclusão de Se-levedura proporcionou os maiores índices de deposição tecidual de Se em relação ao selenito de sódio para frangos de corte (PERÍĆ et al., 2009; GOMES et al., 2011; BOIAGO et al. 2014; OLIVEIRA et al., 2014; SILVA, 2014).

Payne e Southern (2005), também observaram uma deposição muscular de selênio, cerca de duas vezes maior da fonte orgânica em relação à fonte inorgânica para frangos de corte.

Zhan et al. (2007) conduziram um experimento para estudar os efeitos de diferentes fontes de Se sobre a qualidade de lombo e deposição tecidual muscular em suínos a partir de 60kg durante 40 dias. Eles verificaram que a selenometionina e selenito de sódio aumentaram o teor de Se no soro, no músculo, fígado, pâncreas e rins em relação à dieta controle (sem suplementação de Se), porém, os níveis de deposição foram mais elevados no músculo, fígado e pâncreas de animais que receberam a selenometionina.

A combinação de Se com vitamina E sobre a deposição tecidual de Se foi estudada em suínos (KAWĘCKA et al., 2013). Foram utilizadas combinações de dietas contendo selenito de sódio e vitamina E, bem como Se-levedura e vitamina E. Foi verificado que a adição de Se orgânico causou um aumento significativo de Se hepático e muscular enquanto que não foi observada a influência da vitamina E sobre a deposição de selênio e parâmetros de qualidade da carne.

2.6 Selênio e qualidade da carne

Quando se trata da conversão do músculo em carne, os processos fisiológicos e bioquímicos dinâmicos são requeridos para facilitar a conversão das propriedades do tecido muscular, sendo cruciais na determinação das características de qualidade da carne (PUVAČA e STANAČEV, 2011).

Segundo Ryu et al. (2005), a qualidade da carne pode ser definida como as características de: cor, sabor, aroma, textura, suculência, crescimento microbiano e níveis de nutrientes. Estas características são afetadas por diversos fatores endógenos e exógenos durante o processo produtivo. Dentre os principais fatores incluem-se genética do animal, idade ao abate, sexo, dieta, manejo pré-abate, período de jejum, manuseio e armazenagem da carcaça (PUVAČA e STANAČEV, 2011).

Oxidação lipídica e descoloração são apontadas como as principais causas de deterioração da carne durante o armazenamento em refrigeração. Segundo Ryu et al. (2005), a carne de aves é bastante sensível à oxidação devido ao elevado teor de ácidos graxos polinsaturados, que por sua vez, podem estar relacionados com a descoloração da carne. Outras características fortemente influenciadas pela oxidação são: perda por exsudação ou perda por gotejamento, que implica diretamente uma perda financeira, pH da carne, perda de peso durante a cocção e maciez. Essas alterações associadas à oxidação proporcionam sabor e odores desagradáveis, aspecto visual comprometido e mesmo a formação de compostos tóxicos (BARON e ANDERSEN, 2002), influenciando negativamente a comercialização deste produto.

Os efeitos do Se sobre o organismo do animal, sobretudo na função oxidativa são capazes de induzir alterações fisiológicas no tecido muscular, alterando significativamente a qualidade da carne (PERIĆ, 2009; OLIVEIRA, 2014). Sua função na ativação da glutathione peroxidase destaca-se como a responsável por destruir peróxidos de hidrogênio e hidroperóxidos orgânicos, potencialmente prejudiciais aos tecidos animais. Entretanto, segundo alguns autores, a ação do Se seria incompleta se não fosse levada em consideração a sua interrelação com a vitamina E (SCHEIDELER et al., 2010). A vitamina E é a primeira linha de defesa contra os danos nas membranas fosfolipídicas celulares e o Se atua como a segunda linha por ser um componente da glutathione peroxidase, portanto, estes microelementos são mutuamente substituíveis (exceto em casos de deficiência), onde um atua como um mecanismo de preservação do outro (COMBS, 1981).

A forma dietética com que o Se é administrado influencia diretamente na incorporação deste mineral na carne e, conseqüentemente, na alteração dos parâmetros de qualidade que se deseja melhorar. Vários estudos foram realizados com a finalidade de determinar a fonte e os níveis de Se mais adequados para este fim (RYU et al., 2005; PERIĆ et al., 2009; PUVAČA e STANAČEV, 2011; CAI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

2.6.1 Influência das fontes de selênio sobre a oxidação lipídica e cor objetiva da carne

Um dos produtos da peroxidação lipídica é o dialdeído malônico (MDA), produzido pelo acúmulo de hidroperóxidos na membrana celular que se decompõem, portanto, seus níveis podem ser usados para determinar o índice de peroxidação. (RUMLEY e PATERSON, 1998). Desta forma, dentre os métodos analíticos utilizados, a reação do ácido tiobarbitúrico (TBA) é o mais comum, nele o MDA reage com o TBA, formando um produto (TBAR) que pode ser mensurado por espectrofotometria de absorção ou de emissão (fluorescência) (JANERO, 1990).

A cor da superfície das carnes é um parâmetro sensorial importantíssimo na avaliação do produto pelo consumidor. A determinação da cor em carnes pode ser realizada por inspeção visual ou pela análise de cor objetiva, onde padrões de cor são utilizados como referência (AMARAL et al., 2012). Os principais instrumentos utilizados para a análise de cor objetiva são os colorímetros, segundo Amaral et al. (2012), são utilizadas as cores primárias: vermelho, verde e azul, que resultam em um valor numérico dentro de um modelo de cor. Os índices L^* , a^* e b^* respectivamente, representam a luminosidade, índice de vermelho e índice de amarelo e estes índices podem ser fortemente influenciados pela oxidação lipídica das carnes, indicando escurecimento ou palidez das carnes.

A ação dos antioxidantes para manutenção da cor das carnes está relacionada com a integridade da membrana e conseqüentemente da mioglobina celular, evitando sua oxidação (formação de metamioglobina) que confere coloração escura e amarronzada às carnes (PUVAČA e STANAČEV, 2011).

Dlouhá et al. (2008), analisando amostras de carne *in natura* e congeladas, verificaram que carnes de frangos alimentados com fonte orgânica de Se tiveram menores valores de oxidação lipídica quando comparadas às carnes de frangos alimentados com a fonte inorgânica, justificado pelo fato de que o selênio na sua forma biocomplexada otimizou a ação da GSH-Px no combate aos radicais livres. Boiago et al. (2014), também observaram que a carne do peito de animais alimentados com selenito de sódio apresentaram maiores índices de oxidação lipídica.

Oliveira et al. (2014), trabalhando com níveis de 0,15 a 0,6 ppm de Se levedura e selenito de sódio, não observou diferenças nos índices de cor objetiva, porém quando observada a interação entre os níveis e as fontes deste mineral, este autor observou interação para o índice de luminosidade (L^*), concluindo que carnes de animais que receberam níveis baixos de selênio e foram alimentados com este mineral em sua forma inorgânica

apresentaram carnes mais pálidas, devido a alteração dos ácidos graxos causados pela oxidação. Por sua vez, Silva (2014), não verificou diferenças significativas para os índices de cor objetiva trabalhando com a substituição do Se inorgânico pelo orgânico em diferentes períodos pré-abate, concordando com os resultados encontrados por Boiago et al., (2014), que trabalhando com duas fontes de selênio nos níveis de 0,3 e 0,5 ppm, também não observou diferença estatística ($P>0,05$) para os índices de coloração de peitos de frangos.

Wang et al. (2009) verificaram que a nutrição de matrizes pesadas também pode influenciar na qualidade da carne de sua progênie. Estes autores trabalhando com Se-levedura, verificaram que frangos de corte de 21 dias oriundos de matrizes que receberam a fonte orgânica de Se apresentaram menores teores de MDA (mg/kg) na carne do peito, indicando uma menor peroxidação lipídica dessa carne e, além disso, menor perda por exsudação e maior estabilidade da cor.

Silva (2014), trabalhando com substituição do selenito de sódio por selênio levedura em períodos pré-abate de frangos de corte, verificou que os valores de MDA foram menores no tratamento em que os animais receberam Se levedura apenas na última semana, sugerindo que nesta fase, que o animal aproveitou melhor a fonte mais biodisponível de selênio, uma vez que há uma intensa atividade metabólica decorrente do maior *turn over* protéico do tecido muscular do peito.

Para suínos, a suplementação de selenometionina ao nível de 0,3ppm aumentou o índice de vermelho da carne do lombo e diminuiu os níveis de MDA quando comparada com o selenito de sódio (ZHAN et al., 2007). Os autores concluíram que em comparação com o selenito de sódio, a selenometionina é mais eficaz em melhorar o status antioxidante e estabilizar a cor da carne de lombos suínos.

2.6.2 Influência das fontes de selênio sobre a perda de peso por gotejamento e pH das carnes

As características físico-químicas da carne pH, perda de peso por gotejamento e também a cor objetiva estão diretamente ligadas (FISCHER, 2007) e influenciam grandemente na aparência e vida útil das carnes, sendo determinante para a aceitação pelo mercado consumidor.

Segundo Mir et al. (2017), os valores de pH influenciam diretamente sobre alguns atributos de qualidade da carne como textura, capacidade de retenção de água, suculência e cor.

Existe uma relação direta entre valores de pH e capacidade de retenção de água, sendo que carnes de frangos e de suínos com maiores valores de pH tem uma maior capacidade de retenção de água e menor perda de peso por gotejamento (FISCHER, 2007; ZHAN et al., 2007; CALVO et al., 2017, MIR et al., 2017). A diminuição nos valores de pH diminui a capacidade de ligação das proteínas musculares a água, causando uma redução da repulsão eletrostática negativa entre os filamentos, causando encolhimento de miofibrilas e maior perda de água (DEN HERTOOG-MEISCHKE et al.1997, citado por CALVO et al., 2017).

Calvo et al. (2017) estudaram a influencia das fontes de Se sobre a perda de peso por gotejamento e sobre o pH das carnes suínas após 24 horas, bem como a relação entre estes dois parâmetros. Estes autores verificaram que o Se biocomplexado evidencia ainda mais a relação entre pH e perda por exsudação, sendo que carnes de animais que receberam essa fonte de Se apresentaram valores ainda menores de perda por exsudação com o aumento do pH em relação aos que receberam selenito de sódio. Zhan et al. (2007) verificaram que o Se biocomplexado contribui com um ligeiro aumento no pH de carnes de suínos, no entanto estes autores e Calvo et al. (2017) afirmam que não há evidências suficientes disponíveis na literatura e sugerem novos estudos nesta área.

2.7 Selênio e nutrição humana

Semelhante à nutrição animal, a concentração de selênio nos solos influencia diretamente a quantidade do micromineral ingerida pelos seres humanos, seja pelo consumo de produtos vegetais ou animais. A absorção do selênio também se dá de maneira semelhante, sendo a forma biocomplexada mais biodisponível do que a inorgânica.

Em 1989 o "*Food and Nutrition Board of the National Research Council*" estabeleceu as recomendações de ingestão diária para selênio para homens (70mg/dia) e para mulheres (55mg/dia). O selênio é essencial para a saúde humana, no caso de doenças crônicas, como aterosclerose, câncer, artrite, cirrose e enfisema, há fortes indícios de que o selênio atue como elemento protetor (VIARO et al., 2001).

Alguns estudos apontam a correlação entre regiões com baixos níveis de selênio no solo e maiores incidências de cânceres como de mama e de próstata (BROOKS et al., 2001; KLEIN et al., 2003; COMBS, 2004).

O estresse oxidativo tem sido relacionado frequentemente com as fases da carcinogênese: iniciação, promoção e progressão, devido ao fato de que o acúmulo de radicais livres resulta em dano tecidual e produção de compostos tóxicos danosos aos tecidos

(ROHENKOHL et al., 2011). A ação dos antioxidantes se dá por meio da atuação nas linhas de defesa contra a oxidação, sendo elas: a prevenção da formação de substâncias agressoras, interceptação de radicais livres já formados e o reparo quando as duas primeiras linhas de defesa não foram efetivas (KONG et al., 1998).

Dennert et al. (2011) realizaram uma meta-análise onde foram incluídos 55 estudos com mais de 1 milhão de participantes e observaram que pessoas com maior nível de ingestão de Se tiveram frequência menor para certos tipos de câncer como pulmão, bexiga e próstata. Gifkins et al. (2012) avaliaram a capacidade antioxidante total (TAC) e ingestão de antioxidantes individuais como: vitamina C, vitamina E, beta-caroteno, selênio, luteína e licopeno e sua correlação com o risco de câncer de ovário em mulheres jovens e idosas. As amostras de mulheres foram separadas por faixa etária e região geográfica de onde residiam, e por sua vez, a ingestão alimentar foi determinada por questionário de frequência alimentar. Os autores concluíram que existe uma forte associação inversa entre a incidência de câncer de ovário e o consumo de selênio, o que não ocorreu para as outras substâncias antioxidantes.

Um estudo foi realizado para verificar o consumo de alimentos contendo substâncias antioxidantes por pacientes em tratamento quimioterápico. Segundo Rohenkohl e seus colaboradores (2011), as substâncias antioxidantes possuem capacidade de potencializar os efeitos das drogas antineoplásicas e diminuir os efeitos colaterais por meio da proteção das células sadias. O estudo constituiu-se de uma análise descritiva e exploratória acerca dos hábitos alimentares, com ênfase em alimentos ricos em vitamina C, vitamina E, Zinco e Se. Foi verificado que os pacientes não apresentaram deficiência para as vitaminas e para o zinco, no entanto, quanto ao consumo de Se, a amostra de pacientes não atingiu o consumo diário recomendado pelo NRC (1989) para ambos os sexos e em todos os ciclos do tratamento quimioterápico estudados, concluindo que o acompanhamento nutricional durante o período de tratamento de pacientes com câncer é de extrema importância para potencialização dos resultados e redução de efeitos colaterais.

Desta forma, o enriquecimento de carnes com Se, é uma alternativa para otimizar o consumo deste micromineral pelos seres humanos e aliar os benefícios das carnes brancas e vermelhas aos benefícios do Se.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das evidências apresentadas, fica justificado o fato de o Se ser um dos minerais mais investigados por diversas áreas da ciência atualmente. O seu reconhecimento como um

mineral essencial a todas as formas de vida é relativamente recente, já que no passado, o selênio era exclusivamente relacionado à toxicidade.

Devido à heterogeneidade da distribuição do selênio nos solos pelo globo terrestre, é de extrema importância atentar-se em garantir as recomendações nutricionais adequadas de plantas, animais e seres humanos.

A suplementação adequada de Se nas rações animais promove melhor capacidade de enfrentar as situações de estresse provocadas pela modernização dos sistemas de criação, sejam elas externas ou internas.

A utilização de fontes biocomplexadas de Se se mostra mais eficaz em garantir maior qualidade das carnes, maior tempo de prateleira e maiores índices de incorporação do micromineral em relação ao selenito de sódio.

Além dos benefícios econômicos, a incorporação de Se nas carnes de frangos de corte e de suínos por meio da utilização de fontes biocomplexadas poderá ser uma alternativa interessante para promover o consumo adequado de selênio pela população e garantir a diminuição do risco de incidência de doenças como câncer, mesmo em regiões com baixos índices de selênio nos solos, contribuindo com a melhoria na qualidade de vida destas pessoas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M.T.; VIANA, C.E.; ARANHA, B. C.; EPPING, N. C.; PRESTES,O.D.;AUGUSTI, P.R.Sistema Cielab para avaliação da cor de produtos cárneos,**Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão UNIPAMPA**, v. 4, n. 1, 2012.
- ANDERSON, M. S.; LAKIN, H. W.; BEESON, K. C.; FLOYD, F. S.; THUCKER, E. **Selenium in agriculture**. Washington, DC: Department of Agriculture, 1961. 65 p.
- BARON, C. P.; ANDERSEN, J. H. Myoglobin-induced lipidoxidation.A review.**Journal of Agricultural and Food Chemistry**,v.50, p.3887–3897, 2002.
- BERTECHINI, A. G., **Nutrição de Monogástricos**, 2^a ed., Ed. UFLA, Lavras, 2013, 373p.
- BERTECHINI, A. G., Metabolismo de Minerais. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.;HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**, Ed. FUNEP, Jaboticabal, 2014, 678p.
- BERTECHINI, A. G., SILVA, V. A., FIGUEIREDO, F. M., OLIVEIRA, T.F.B. Egg and poultry meat enrichment of selenium. in Bañuelos et al, **Global advances in Selenium research from theory to application: *Proceedings...***, São Paulo, SP, 2015.
- BOIAGO, M. M., BORBA, H., LEONEL, F. B., GIAMPIETRO-GANECO, A., FERRARI, F. B., STEFANI, L. M., SOUZA, P. A.Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. **Ciência Rural**,v.44:1692-1698, 2014.
- BRIENS, M., MERCIER, Y., ROUFFINEAU, F., VACCHINA, V., GERAERT, P.A., Comparative study of a new organic selenium source v. seleno-yeast and mineral selenium sources on muscle selenium enrichment and selenium digestibility in broiler chickens. **British Journal of Nutrition** v.110, p.617–624, 2013.

BRIENS, M., MERCIER, Y., ROUFFINEAU, F., GERAERT, P.A. 2-Hydroxy-4-methylselenobutanoic acid induces additional tissue selenium enrichment in broilerchicken compared to other selenium sources. **Poultry Science**, v.93, p.85–93, 2014.

BROOKS, J.D.; METTER, E.J.; CHAN, D.W.; SOKOLL, L.J.; LANDIS, P.; CARTER, H.B. Plasma selenium level before diagnosis and the risk of prostate cancer development. **The Journal of Urology**.v.166, p.2034-2038, 2001.

CAI, S. J.; WU, C. X.; GONG, L. M.; SONG, T.; WU, H.; ZHANG, L. Y. Effects of nano-selenium on performance, meat quality, immune function, oxidation resistance, and tissue selenium content in broilers. **Poultry Science**, v. 91, p. 2532-2539, 2012.

CALVO, L., TOLDRÁ, F., RODRÍGUEZ, A. I., LÓPEZ-BOTE, C., REY, A. I. Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. **Food Science and Nutrition**. v.5, p.94-102, 2017.

CAO, J.; GUO, F.; ZHANG, L.; DONG, B.; GHONG, L. Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-46>, acesso em 20 de outubro de 2017.

CHANG, Y.; LIZHEN, H.; ZHIBIN, L.; ZENG, L.; ZHENHUAN, S.; LI, P.; CHAN, L.; YOU, Y.; YU, X.; CHU, P. K.; CHEN, T. Designing Core–Shell Gold and Selenium Nanocomposites for Cancer Radiochemotherapy. **ACS Nano**, v.11, p.4848–4858, 2017.

COMBS, G. F., JR. Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. **Poultry Science**, v. 60, p.2098–2105, 1981.

COMBS, Jr. Status of selenium in prostate cancer prevention.**British Journal of Cancer**.v.91, p.195-199, 2004.

COBB-VANTRESS, **Suplemento de Crescimento e Nutrição para Frangos de Corte-Cobb500**, 2008.

COMINETTI, C.; COZZOLINO, S. M. F. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: Selênio. **Série de publicações ILSI Brasil**, São Paulo, v. 8, p. 1-20, 2009.

COULOIGNER, F.; JLALI, M.; BRIENS, M.; ROUFFINEAU, F.; GERAERT, P.A.; MERCIER, Y. Selenium deposition kinetics of different selenium sources in muscle and feathers of broilers, **Poultry Science**, v.94, n.11,p.2708-2714, 2015.

DALIA, A. M.; LOH, T. C., SAZILI, A. Q.; JAHROMI, M. F.; SAMSUDIN, A. A. The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and Selenoproteins gene expression in broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v.13, p.254, 2017.

DANIELS, L. A. Selenium metabolism and bioavailability. **Biological Trace Element Research**, v.54, n.3, p.185-199, 1996.

DEN HERTOOG-MEISCHKE, M. J. A., LAACK, R. J. L. M. VAN, SMULDERS, F. J. M. The water-holding capacity of fresh meat. **The Veterinary Quarterly**, v.19, p.175–181, 1997.

DENNERT G, ZWAHLEN M, BRINKMAN M, et al. Selenium for preventing cancer. **Cochrane Database Systematic Reviews**, v. 5, 2011.

DLOUHÁ, G.; ŠEVČÍKOVÁ, S.; DOKOUPILOVÁ, A.; ZITA, L.; HEINDL, J.; SKŘIVAN, M., Effect of dietary selenium sources on growth performance, breast muscle selenium, glutathione peroxidase activity and oxidative stability in broilers. **Czech Journal of Animal Science**, v.53, n.6, p.265–269, 2008.

FAIRWEATHER TAIT S. J. Bioavailability of selenium. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, p. 20-23, 1997.

FISCHER K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.124, p.12–18, 2007.

FRANKE, K. W.; PAINTER, E. P. Selenium in proteins from toxic foodstuffs. 1. Remarks on the occurrence and nature of the selenium present in a number of foodstuffs or their derived products. **Cereal Chemistry**, v 13, n.67, 1936.

GIFKINS, D.; OLSON, S.H.; DEMISSIE, K.; LU, S.E.; KONG, A.N.; BANDERA, E.V., Total and individual antioxidant intake and endometrial cancer risk: results from a population-based casecontrol study in New Jersey, **Cancer Causes & Control** , v.23, n.6, p.887-895, 2012.

GOMES, F. A.; BERTECHINI, A. G.; DARI, R. L.Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p. 633-640, 2011.

HAMILTON, S.J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Science of the Total Environment**, v.326, p1-31, 2004.

HAWKES, W.C; ALKAN, F.Z; OEHLER, L.Absorption, Distribution and Excretion of Selenium from Beef and Rice in Healthy North American Men, **American Society for Nutritional Sciences**, 2003

HAWKES, W.C.; ALKAN, Z. Regulation of redox signaling by selenoproteins.**Biological Trace Element Research**, v.134, p.235–251, 2010.

JANERO, D.R.Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Radical Biology and Medicine** v.9, n.6, p.515-540, 1990.

JLALI, M.; BRIENS, M.; ROUFFINEAU, F.; MERCERAND, F., GERAERT, P.A.; MERCIER, Y.Effect of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid as a dietary seleniumsupplement to improve the selenium concentration of table eggs.**Journal of Animal Science**, v.91, p.1745–1752, 2013.

KAWĘCKA, M.; JACYNO, E.; MATYSIAK, B.; KOŁODZIEJ-SKALSKA A.; PIETRUSZKA, A. Effects of selenium and vitamin E supplementation on selenium

distribution and meat quality of pigs, **Acta Agriculturae Scand Section A**, v.63, n. 4, p.194–200, 2013.

KLEIN, F.A.; LIPPMAN, S.M.; THOMPSON, I.M./ GOODMAN, P.J.; ALBANES, D.; TAYLOR, P.R.; COLTMAN, C. The selenium and vitamin E cancer prevention trial. **World Journal Urology**. v.21,p.21-27, 2003.

KONG, Q.; LILLEI, K.O. Antioxidant inhibitors for cancer therapy. **Medical Hypotheses**, Denver; v.51, n.5, p. 405-409, 1998.

LAWRENCE, R. A.; SUNDE, R. A; SCHWARTZ, G. L.; HOEKSTRA, W. G. Glutathione peroxidase activity in rat lens and other tissues in relation to dietary selenium intake. **Experimental Eye Research**, v.18, p563–569, 1974.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of chicken**. 4th ed. Guelph: Guelph University Books, 415 p., 2001.

LI, J. L.; ZHANG, L.; YANG, Z. Y.; ZHANG, Z. Y.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Effects of Different Selenium Sources on Growth Performance, Antioxidant Capacity and Meat Quality of Local Chinese Subei Chickens. **Biological Trace Element Research**, 2017, disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1049-4>, acesso em 15 de dezembro de 2017.

LIU, Y.; ZHAO, H.; ZHANG, O.; TANG, J., LI, K.; XIA, X.; NING, K.; LI, K.; LEI, X.G. Prolonged Dietary Selenium Deficiency or Excess Does Not Globally Affect Selenoprotein Gene Expression and/or Protein Production in Various Tissues of Pigs, **The Journal of Nutrition Biochemical, Molecular, and Genetic Mechanisms**, 2012.

LONGNECKER, M.P.; TAYLOR, P.R.; LEVANDER, O.A.; HOWE, M.; Selenium in diet, blood and toenails in relation to human health in a seleniferous area. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.53,p. 1288-1294, 1991.

MATEO, R.D.; SPALLHOLZ, J. E.; ELDER, R. et al. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1177-1183, 2007.

MCCONNELL, K. P.; CHO, G. J. Transmucosal movements of selenium. **American Journal of Physiology**, v.208, p.191, 1965.

MEUILLET, E.; STRATTON, S.; CHERUKURI, D. P.; GOULET, A. C.; KAGEY, J.; PORTERFIELD, B.; NELSON, M. A. Chemoprevention of Prostate Cancer With Selenium: An Update on Current Clinical Trials and Preclinical Findings. **Journal of Cellular Biochemistry**, v. 91, p. 443–458, 2004.

MILLS, G. C. Hemoglobin catabolism. I. Glutathione peroxidase, an erythrocyte enzyme which protects hemoglobin from oxidative breakdown. **Journal of Biological Chemistry**, v. 229, p.189–197, 1957.

MIR, N. A.; RAFIQ, A.; KUMAR, F.; SINGH, V.; SHUKLA, V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of food science and technology**, v.54, p. 2997-3009, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Selenium in Nutrition**, Revised Edition. National Academies Press, Washington, D. C., 1983, 174 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. National Academy Press, Washington, D.C, 1989, 302 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. National Academy Press, Washington: D. C., 1994, 83 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. National Academy Press, Washington, D.C., 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient Requirements of Swine**. National Academy Press, Washington, D. C., 2012.

OLIVEIRA, T. F. B.; RIVERA, D. F. R.; MESQUITA, F. R., BRAGA, H.; RAMOS, E. M.; BERTECHINI, A. G. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat

quality, and tissue characteristics of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, p.15–22, 2014

OLIVEIRA, T. F. B.; BERTECHINI, A. G.; PHILOMENO, R.; SILVA, V. A. Dietary levels and sources of selenium for post weaning piglets, **Ciência Rural**, v. 47:12, 2017, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170477>, acesso em 15 de dezembro de 2017.

OLSON, O. E.; NOVACEK, E. J.; WHITEHEAD, E. I.; PALMER, I. S. Investigations on selenium in wheat. **Phytochemistry**, v.9, p.1181. 1970.

OMAYE, S. T.; TAPPEL, A. L. Effect of dietary selenium on glutathione peroxidase in the chick. **Journal of Nutrition**, v.104, p.747–753, 1974.

PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, v.84, p.898-902, 2005.

PERIĆ, L. et al. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, p.403-409, 2009.

PUTAROV, T. V. Avaliação de fontes de selênio e seus efeitos no perfil metabólico e condição reprodutiva de cães. **Dissertação. Universidade Estadual Paulista**, Botucatu, SP, 2010, 72 p.

PUVAČA, N.; STANAČEV, V. Selenium in poultry nutrition and its effect on meat quality, **World's Poultry Science Journal**, v. 67, 2011.

RAYMAN, M.P.; INFANTE, H.G.; SARGENT, M. Food-chain selenium and human health: spotlight on speciation. **British Journal of Nutrition**, v. 100, p. 238–253, 2008.

ROHENKOHL, C. C.; CARNIEL, A. P.; COLPO, E. Consumo de antioxidantes durante tratamento quimioterápico. **ABCD, Arquivos brasileiros de cirurgia digestiva**, v. 24, n. 2, p. 107-112, 2011.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4 ed. Viçosa, MG: UFV, 2017, 488p.

ROTTA, R. B. Estudo da enzima glutatona peroxidase em carne de frango. **Dissertação.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim, Erechim, RS, 2007, 96p.

ROVER Jr, L.; KUBOTA, L. T.; HÖEHR, N. F. Development of an amperometric biosensor based on glutathione peroxidase immobilized in a **Clinica Chimica Acta**, v. 308, p. 55-67, 2001.

RUMLEY, A.G.; PATERSON, J.R. Analytical aspects of antioxidants and free radical activity in clinical biochemistry. **Annals of Clinical Biochemistry** 1998.

RYU, Y.-C.; RHEE, M.S.; LEE, K.M.; KIM, B.-C. Effects of Different Levels of Dietary Supplemental Selenium on Performance, Lipid Oxidation, and Color Stability of Broiler Chicks, **Poultry Science** v.84, p.809–815, 2005.

SCHRAUZER, G.N. Selenomethionine: A Review of Its Nutritional Significance, Metabolism and Toxicity. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1653-1656, 2000.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 47, p.73–112, 2003.

SCHEIDELER, S. E.; WEBER, P.; MONSALVE, D.; Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of α -tocopherol and selenium. **Journal of Applied Poultry Research**, v.19, p.354–360, 2010.

SHRIFT, A., Aspects of selenium metabolism in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.20, 475p., 1969.

SCHWARZ, K.; FOLTZ, C. M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. **Journal American Chemistry Society**, Chicago, v. 79, n. 3, p. 3292-3293, 1957.

SILVA, V.A. Formas de suplementação de selênio para frangos de corte. **Dissertação**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014, 64p.

SURAI, P.F. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. **World's Poultry Science**, v. 58, p.333–347, 2002a.

SURAI, P.F., Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction. **Nottingham University Press**, Nottingham, 2002b.

SURAI, P.F., Selenium in Nutrition and Health. **Nottingham University Press**, Nottingham, 2006.

SURAI, P. F.; FISININ, V. I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. **Animal Feed Science and Technology**, v.191, p.1–15, 2014.

VIARO, R. S.; VIARO, M. S.; FLECK, J. Importância bioquímica do selênio no organismo humano. **Disciplinarum Scientia Série: ciências biológicas e da saúde**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 17-21, 2001

WANG, H.; ZHANG, J.; YU, H. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. **Free Radical Biology and Medicine**, v.42, p.1524–1533, 2007.

WANG, Z.G.; PAN, X.J.; PENG, Z.Q.; ZHAO, R.Q.; ZHOU, G.H. Methionine and selenium yeast supplementation of the maternal diets affects color, water-holding capacity, and oxidative stability of their male offspring meat at the early stage. **Poultry Science**, v.88, p.1096-1101, 2009.

WINKEL, L.H.E. The global biogeochemical cycle of selenium: Sources, fluxes and the influence of climate, in Bañuelos et al, **Global advances in Selenium research from theory to application: Proceedings...**, São Paulo, SP,2015.

YOON, I.; WERNER, T. M.; BUTLER, J. M. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 727-730, 2007.

ZARCZYNSKA, K.; SOBIECH, P.; RADWIŃSKA, J.; RÊKAWEK, W. Effects of selenium on animal health.**Journal of Elementology**, v.18 p.329-340, 2013.

ZHAN, X. A.; WANG, M.; ZHAO, R. Q.; LI, W. F. ; XU, Z. R. Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.202–211, 2007.

ZHANG, J. S.; WANG, X. F.; XU, T. W. Elemental selenium at nano size (nano-Se) as a potential chemopreventive agent with reduced risk of selenium toxicity: Comparison with Se-methylselenocysteine in mice. **Toxicological Sciences**, v.101, p.22–31, 2008.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1. Suplementação de selenometionina em diferentes idades e níveis sobre a qualidade da carne, deposição tecidual e retenção de selênio em frangos de corte

ARTIGO 2. Fontes de selênio sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de selênio para frangos de corte

ARTIGO 3. Diferentes níveis de selenometionina sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de Selênio em suínos em fase de terminação

METABOLISMO E NUTRIÇÃO

ARTIGO 1. Suplementação de selenometionina em diferentes idades e níveis sobre a qualidade da carne, deposição tecidual e retenção de selênio em frangos de corte

Vanessa Avelar Silva^{†1}, Antônio Gilberto Bertechini[†]

[†]Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, CEP:37200-000, Minas Gerais, Brasil.

¹Autor correspondente: vanessaavelarzoo@yahoo.com.br

*Artigo redigido conforme normas da revista: “Poultry Science” (Versão preliminar)

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da suplementação de selenometionina (SM) na dieta de frangos sobre o desempenho, rendimento de carcaça, retenção aparente, qualidade de carne e deposição tecidual de selênio (Se). No primeiro experimento foram utilizados 2100 pintos machos de um dia Hubbard Flex, distribuídos aleatoriamente em 12 tratamentos, com sete repetições cada, totalizando 84 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram da suplementação de Selênio na forma de SM (1600 ppm) nos níveis de 0,3 e 0,5 ppm em substituição ao selenito de sódio (SS-45,7%) em diferentes fases pré-abate. No segundo experimento foram utilizados 224 pintos de um dia, machos Hubbard Flex, distribuídos aleatoriamente em 28 gaiolas metabólicas. As aves foram distribuídas em quatro tratamentos com sete repetições (8 aves) no período experimental de 1-21d e parcela experimental com 4 aves para o período de 22-42 d de idade das aves. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de inclusão de SM (0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm). Em ambos os experimentos foram avaliados o desempenho (1-21 e 1-42 d), rendimento de carcaça e de cortes, retenção aparente de Se (33-35 d), características físico-químicas da carne do peito: cor objetiva, perda de peso por gotejamento (PPG), perda de peso por cozimento (PPC), pH, índice de peróxidos (IP), e deposição tecidual de Se. No experimento I verificou-se que a SM a 0,3 ppm melhorou o ganho de peso e conversão alimentar de 1-42 d. A utilização de SM a 0,5 ppm resultou em menores PPG e PPC. A maior deposição de Se muscular foi obtida com o uso de SM a 0,5 ppm de 1-42 d. Utilizando-se SM a 0,5 ppm apenas na última semana há uma deposição semelhante ao uso da SM a 0,3 ppm de 1-42 dias. No experimento II pode-se observar que os aumentos dos níveis de SM proporcionaram menor PPG e menores valores de pH. A deposição de Se tecidual nos frangos de corte aumentou linearmente ao nível de SM de 0,3 a 0,6 ppm. A SM mostrou-se mais

biodisponível que o SS, promovendo maior deposição muscular e melhores características físico-químicas da carne do peito de frangos de corte.

Palavras-chave: Selênio biocomplexado; perda de peso por cozimento; deposição de selênio

INTRODUÇÃO

A adequada ingestão de selênio (Se) pelos animais e seres humanos é de suma importância para a manutenção do equilíbrio oxidativo e, conseqüentemente, prevenção contra danos às membranas celulares. Segundo Huang et al. (2017) sua deficiência pode induzir ao estresse oxidativo e apoptose celular, além de causar distúrbios estruturais e funcionais em tecidos e músculos dos animais.

A distribuição de Se pelos solos é bastante heterogênea, influenciando diretamente na quantidade do micromineral presente nos grãos e tecidos animais (BERTECHINI et al., 2015). Por isso, para garantir a ingestão adequada de Se, faz-se necessária a sua suplementação nas rações animais, seja por meio de fontes inorgânicas ou biocomplexadas.

A utilização de fontes de Se biocomplexadas ou orgânicas, como são comumente denominadas, em rações de frangos de corte, vem sendo cada vez mais difundida com o intuito de promover melhoria nas características físico-químicas das carnes e, conseqüentemente, maior vida útil desses alimentos, uma vez que se mostram mais biodisponíveis que as fontes inorgânicas (PERIC' et al., 2009; GOMES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; BOIAGO et al., 2014; LI et al., 2017). O colapso dos sistemas enzimáticos e oxidativos *post-mortem* ocorrem rapidamente e durante o processo de

armazenamento e processamento das carnes pode haver perda significativa de umidade, ocasionando em diminuição de peso do produto e consequente prejuízo econômico, e, essa perda de umidade se deve em grande parte pelo dano às membranas celulares causados pelos radicais livres (DOWNS et al., 2000).

Dentre as fontes biocomplexadas mais utilizadas destaca-se a selenometionina (SM). Esta fonte é considerada mais biodisponível que as fontes inorgânicas e isso se deve em grande parte, à sua semelhança com a metionina inclusive na forma de absorção (SCHRAUZER, 2000).

Não existe informações consensuais sobre os níveis adequados de suplementação de SM em dietas de frangos de corte. Rostagno et al. (2017) preconizam que a inclusão de fontes biocomplexadas de Se para frangos de corte devem ser feitas ao nível de 0,15 a 0,08 ppm de acordo com a idade das aves, no entanto, vários autores (DOWNS et al., 2000; PERIĆ et al., 2009; GOMES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; BOIAGO et al., 2014; LI et al., 2017) trabalharam com níveis maiores de Se, de 0,15 a 0,6ppm e observaram maior deposição tecidual e melhor qualidade da carne, com os níveis mais elevados, sem prejuízos no desempenho das aves. Não existem informações quanto ao tempo mínimo necessário de uso da forma SM para se conseguir bom enriquecimento dos tecidos em frangos de corte.

Por esse motivo, o objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos da utilização de diferentes níveis de SM na dieta de frangos de corte e sua suplementação em diferentes idades sobre o desempenho, qualidade de carne, retenção e deposição tecidual de Se.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na cidade de Lavras, localizada à 21° 14' 43 latitude sul e 44° 59' 59 longitude oeste e altitude de 919 metros. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Utilização de Animais da Universidade Federal de Lavras, sob protocolo n° 006/16.

Experimento I

Foram utilizados 2100 pintos machos de um dia Hubbard Flex, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em 84 parcelas experimentais com 12 (doze) tratamentos e sete repetições. Os tratamentos experimentais foram constituídos conforme a tabela 1. As fontes de selênio utilizadas foram Selenometionina-SM (1600ppm) e o Selenito de sódio-SS (45,7%), sendo utilizados os níveis de selênio de 0,300 e 0,500 ppm.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações de Bertechini (2013) seguindo-se um programa alimentar de 1-21 dias e 22-42 dias. Os suplementos minerais e vitamínicos utilizados foram isentos de Se (Tabela 2).

Os animais receberam ração e água *ad libitum* e foram mantidos aquecidos até os 14 dias de idade. As temperaturas médias, máxima e mínima, registradas durante o período experimental após 15 dias foram 28,7°C e 16,4°C, respectivamente. O programa de iluminação utilizado foi de 16L:8E.

Coleta de excretas- Aos 28 dias foram retiradas quatro aves por parcela dos tratamentos um ao quatro, em que as mesmas recebiam apenas uma fonte de Se durante todo período experimental. Estes frangos foram transferidos para gaiolas metabólicas com o

propósito de determinar a retenção de Se por meio da coleta total de excretas. Foram cinco dias de adaptação e três dias de coleta de excretas, nos dias 33, 34 e 35.

Desempenho e rendimento de carcaça- Foram realizadas avaliações de desempenho nas fases de 1-21 e 1-42 dias de idade das aves. Aos 42 dias, duas aves por repetição foram submetidas a um jejum de 8 horas e logo após, foram insensibilizadas por deslocamento cervical, sangradas e evisceradas. A carcaça foi pesada e os cortes nobres separados para determinação dos rendimentos em relação ao peso da carcaça. Posteriormente, foram separados os peitos e os fígados das aves para determinação da qualidade de carne e deposição tecidual de Se.

Características físico-químicas da carne- Os peitos foram desossados e armazenados em gelo por uma hora e trinta minutos para transporte até o laboratório e, posteriormente, foram feitas análises de qualidade de carne.

Cor objetiva- Foram mensurados os índices de luminosidade (L^*), de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*). As leituras foram feitas utilizando-se o colorímetro CM-700d (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) em três pontos da superfície interna de cada amostra de peito após 30 minutos de exposição ao ar ambiente.

Os índices de cor foram estabelecidos com iluminante A em um ângulo de 10° para o observador, luz especular excluída (SCE) e sistema de cor CIELAB.

Perda de peso por gotejamento- Foi determinada a partir de duas amostras por parcela, de acordo com a metodologia descrita por Rasmussen e Anderson (1996). As amostras foram cortadas em cubos $2,5\text{cm}^3$ e alocadas em recipientes hermeticamente fechados e

estes foram mantidos em geladeira a 4°C por 48 horas. Posteriormente, as amostras foram retiradas do refrigerador e pesadas para o cálculo da PPG, expresso em porcentagem.

Perda de peso por cozimento- As amostras de carne do peito foram pesadas e envolvidas em papel alumínio para cozimento. Após a temperatura externa atingir 85°C, as amostras foram mantidas em chapa elétrica até atingir a temperatura interna de $72 \pm 2^\circ\text{C}$. As amostras de carne cozida foram arrefecidas por 30 minutos até atingir a temperatura ambiente e, então, foram novamente pesadas para determinação da perda de peso por cozimento, de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2014).

pH- Foi mensurado com um potenciômetro Digimed DM-20 usando um eletrodo de perfuração e um dispositivo de calibração de temperatura inserido no músculo *Pectoralis major*.

Determinação do índice de peróxido- O índice de peróxido foi determinado pelo método PCA-FOX descrito por Gay e Gebicki (2002), citado por Massingue (2012) e as análises foram feitas em duplicatas. Foram pesadas 6g de amostra de carne do peito e adicionados 25 mL de metanol refrigerado (-18°C), posteriormente foram trituradas em processador Turrax (Turratec Te102) por 30 segundos. O homogeneizado foi centrifugado por 3 minutos a $1.400 \times g$ (centrífuga Mettich, Zentrifuger EBA21).

Foram retiradas alíquotas entre 100 e 200 μL do sobrenadante e transferidas para tubos de ensaio contendo 200 μL de solução analítica (alaranjado de xilenoltetrassódico 2,5mmol/L; sulfato ferroso hexa-hidratado 2,5mmol/L) e o volume completado para 2 mL com água destilada. Posteriormente os tubos foram tampados e mantidos incubados

em ambiente escuro em temperatura entre 20° a 25°C durante 30 minutos. Foram lidas as absorvâncias a 560nm (A_{560nm}) contra o branco e o índice de peróxido obtido por meio de curva analítica de hidroperóxidocumeno (CHP). Os resultados foram expressos em mg de CHP por quilograma de amostra.

Análise do conteúdo de selênio- Uma amostra do fígado e do peito de cada parcela, bem como as excretas e as rações foram secas em estufa a 105° para determinação da deposição de Se pelo método da espectrometria de absorção atômica e geração de hidretos usando um tubo de quartzo atomizado (QTA) a 850° C. Um espectrômetro de absorção atômica VARIAN modelo 2000-SpectrAA (Palo Alto, CA) e um gerador de hidreto VGA modelo modelo Varian foram usados para as medições. O reagente redutor foi boro-hidreto de sódio (solução alcalina). A fonte de radiação eletromagnética era uma lâmpada de cátodo oco de selênio (marca Photron), e o comprimento de onda usado era 196 nm.

Análise estatística- Os resultados foram submetidos à ANAVA utilizando o pacote estatístico SAS[®] (2002) e, quando necessário para comparar as médias, foi utilizado teste de Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância.

Experimento II

Foram utilizados 224 pintos de um dia, machos Hubbard Flex, distribuídos aleatoriamente em 28 gaiolas metabólicas (75 x 60 x 50 cm). As aves foram distribuídas em quatro tratamentos com sete repetições de 8 aves cada no período de 1-21 dias e 4 aves para o período de 22-42 dias de idade das aves. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de inclusão de SM (0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm) de acordo com a tabela 3.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações de Bertechini (2013), conforme descrito na tabela 2.

Foram realizadas avaliações de desempenho nas fases de 1-21 e 1-42 dias de idade das aves. O período de coleta de excretas foi do dia 33 a 35 dias, com coleta total a fim de determinar a retenção aparente de Se, com base na ingestão e excreção de Se. Aos 42 dias duas aves por repetição foram abatidas para determinação do rendimento de carcaça e de cortes, os peitos foram retirados para avaliação de qualidade de carne: cor objetiva, perda de peso por cozimento, perda de peso por gotejamento, pH e índice de peróxidos. Amostras de fígado, de peito, excretas e rações foram coletadas para determinação do conteúdo de Se. As metodologias das análises deste experimento foram as mesmas descritas no experimento I.

Análise estatística- Os resultados foram submetidos a ANAVA utilizando o pacote estatístico SAS[®] (2002) e quando significativo, utilizou-se o teste de regressão ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Experimento I

Desempenho e rendimento de carcaça e cortes- As variáveis ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar no período de 1 a 21 dias não foram influenciadas ($p > 0,05$) pela substituição da fonte inorgânica de Se pela SM, no entanto, avaliando-se o período total de 1 a 42 dias, foi observado que o uso do SS ao nível de 0,30 ppm de Se proporcionou menor ganho de peso em relação aos demais tratamentos ($p < 0,05$) e pior conversão alimentar ($p < 0,05$) quando comparado ao tratamento contendo SM ao nível de 0,5ppm de Se (Tabela 4).

Para o rendimento de carcaça e de cortes, observou-se que a inclusão de SM na dieta dos frangos de corte nos níveis 0,3 e 0,5 ppm, em quaisquer fases antes do abate não proporciona diferenças significativas ($p>0,05$), conforme a tabela 5.

Retenção aparente de selênio- Para a retenção aparente de Se não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre as fontes (SS e SM) e nem entre os níveis dietéticos (0,3 e 0,5 ppm) de acordo com a figura 1.

Características físico-químicas da carne- Os resultados estão descritos na tabela 6.

Para o índice de luminosidade (L^*) somente o tratamento que continha SM 0,5ppm a partir dos 29 dias de idade apresentou valor superior aos demais tratamentos, que por sua vez, não diferiram entre si ($p>0,05$). As variáveis respostas a^* e b^* apresentaram comportamento semelhantes para os tratamentos. O tratamento em que as aves receberam SM ao nível de 0,5ppm apenas na última semana apresentou os menores valores ($p<0,05$), enquanto os outros tratamentos não diferiram entre si ($p>0,05$) para índice de vermelho e de amarelo.

A PPG foi maior ($p<0,05$) para o tratamento em que os animais recebiam o SS 0,3ppm durante todo o período experimental. Em contrapartida, o tratamento com SM ao nível de 0,5ppm durante todo período experimental proporcionou a menor perda por exsudação ($p<0,05$). Foi observado também que a inclusão de 0,5 ppm de SS e 0,3ppm de SM de 1 a 42 dias, bem como as substituições ao longo do período produtivo de frangos de corte não diferem entre si.

A utilização de SS ao nível de 0,3 ppm durante todo período experimental permitiu a maior PPC ($p<0,05$) quando comparada aos demais tratamentos. No entanto

a SM ao nível de 0,5 ppm de 1-42 dias apresentou-se mais eficiente para diminuir as perdas por cocção.

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o pH das carnes de frangos de corte.

O índice de peróxidos também não foi influenciado pela fonte de Se dietético, nível ou período de inclusão ($p > 0,05$).

Análise do conteúdo de selênio- Os resultados da deposição muscular e hepática de Se em frangos de corte são mostrados na tabela 7. Independentemente da fonte, os níveis dietéticos de Se promoveram diferenças significativas ($p < 0,05$) para deposição de Se na carne de frangos de corte, sendo 0,435 e 0,537 mg/kg para níveis de 0,3 e 0,5 ppm de 1 a 42 dias, respectivamente, com base na matéria seca (Figura 5). A deposição hepática de Se não foi afetada pelos níveis de Se ($p > 0,05$).

No entanto, no que se refere às fontes Se, verifica-se que o uso de 0,5 ppm de SM durante todo o período proporcionou uma deposição maior ($p < 0,05$) de Se em peitos de frangos de corte (0,712 mg/kg de matéria seca) com base na matéria seca. Verificou-se que o SS 0,03ppm proporcionou menor deposição hepática de Se ($p < 0,05$). Pode-se observar também que o uso de SM no nível de 0,5 ppm de Se na última semana permitiu um resultado semelhante ao uso de 0,3 ppm de Se na forma de SM o tempo todo, no entanto, não atinge a deposição de Se usando SM ao nível de 0,5 ppm de 1 a 42 dias de idade das aves. O uso de SM (0,5 ppm) a partir de 15 dias de idade permitiu a segunda deposição maior ($p < 0,05$) de Se na carne do peito (0,659 mg/kg de matéria seca). As deposições de Se mudaram de acordo com os tratamentos, seguindo a lógica desse maior nível de suplementação e maior tempo de uso do SM resultando em maior enriquecimento.

Experimento II

Desempenho e rendimento de carcaça e cortes- Não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) para os índices de desempenho: consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte em nenhuma das fases (Tabela 8).

Para os índices de rendimento de carcaça e de cortes também não foram verificadas diferenças significativas ($p>0,05$) para nenhum dos níveis de SM estudados (Tabela 9).

Retenção aparente de selênio- Os níveis de inclusão de SM não alteraram ($p>0,05$) a retenção aparente de Se dos frangos de corte (Figura 2).

Características físico-químicas da carne- Os resultados de cor objetiva, PPC e IP estão descritos na tabela 10.

Não houve diferença significativa para nenhum dos índices de cor objetiva avaliados ($p>0,05$).

Para PPG, observou-se um efeito linear ($p<0,05$) de acordo com o aumento nos níveis de SM (Figura 3), quanto maior a inclusão, menores perdas por exsudação.

A PPC não foi influenciada ($p>0,05$) pelo aumento dos níveis dietéticos de SM.

Os valores de pH das carnes mostraram um efeito linear ($p<0,05$) de acordo com o aumento nos níveis dietéticos de SM (Figura 4). Observou-se que o aumento dos níveis de SM nas dietas favorece a diminuição do pH das carnes de peitos de frangos.

O IP não foi influenciado ($p>0,05$) pelo aumento dos níveis dietéticos de SM.

Análise do conteúdo de selênio- A deposição de Se nos peitos de frangos apresentou uma correlação positiva com o aumento da inclusão dietética de SM, estes valores estão representados com base na matéria seca (Figura 6) e com base na matéria natural (Figura 7).

Os valores de deposição de Se hepático também mostraram comportamento linear positivo ($p < 0,05$) de acordo com a inclusão de SM dietética (Figura 8).

DISCUSSÃO

Desempenho e rendimento de carcaça e cortes

As diferenças no desempenho foram encontradas no experimento I. Por outro lado, vários autores indicaram que fontes de Se não são capazes de alterar o desempenho de frangos de corte (Perić et al., 2009; Medeiros et al., 2012; Boiago et al., 2014; Rajashree et al., 2014; Dalia et al., 2017 e Li et al. 2017). Quanto a influencia dos níveis de SM sobre essas variáveis respostas, em ambos os experimentos foram atendidas as exigências nutricionais das aves de 0,3 ppm (NRC, 1994), e Rostagno et al. (2017), de 0,351 a 0,204 ppm para as formas inorgânicas e de 0,153 a 0,089 para fontes biocomplexadas para as fases inicial e final, respectivamente.

Retenção de selênio

Não foram observadas diferenças significativas de retenção aparente de Se para fontes ou para níveis de inclusão. Gomes et al. (2011) trabalhando com duas fontes de Se-levedura e SS ao nível de 0,3 ppm não verificaram diferenças para retenção aparente de Se, no entanto, ao nível de 0,45 ppm as duas fontes biocomplexadas apresentaram maior retenção de Se em relação ao SS. Yoon et al. (2007) verificaram diferença na

retenção de Se entre duas fontes, sendo que o nível de 0,1 e 0,2 ppm de Se-levedura apresentou maior retenção do que a inclusão de 0,3 ppm da mesma fonte, sendo que o SS ao nível de 0,3 ppm apresentou a menor retenção. Estes resultados sugerem que fontes inorgânicas são menos retidas que as fontes biocomplexadas, e, de acordo com Gomes et al. (2011), a absorção de Se não é o fator limitante para sua retenção, mas sim a conversão para a forma biologicamente ativa nos tecidos. Os resultados apresentados no presente estudo não corroboram com os resultados encontrados pelos autores citados.

Características físico-químicas da carne

De maneira geral, a SM mostrou-se mais efetiva que o SS para prevenir a perda de peso por exsudação das carnes de frango quando comparadas as inclusões das duas fontes ao nível de 0,3ppm, sendo necessária uma inclusão de 0,5 ppm de SS para se obter um resultado semelhante ao da SM a 0,3 ppm. Estes resultados são semelhantes aos de Perić et al. (2009) e Boiago et al. (2014) que verificaram melhor ação de fontes biocomplexadas de Se sobre a manutenção da integridade das células musculares, promovendo menor perda por exsudação e maior capacidade de retenção. Outra observação importante deste estudo foi que se utilizando fontes biocomplexadas apenas na última semana antes do abate é possível obter resultados estatisticamente iguais ($p>0,05$) à utilização de SM ao nível de 0,3ppm durante todo período de criação, proporcionando menores custos para inclusão da SM. O incremento dietético de SM nos níveis de 0,3 a 0,6ppm proporcionou um decréscimo na PPG de maneira linear.

Os resultados de PPC no experimento I tiveram comportamento semelhante aos encontrados para a PPG e reforçam a hipótese que as fontes biocomplexadas são mais efetivas em combater a oxidação e, conseqüentemente, preservar as membranas

celulares. Estes resultados corroboram com Oliveira et al. (2014) e Li et al. (2017). No entanto, os níveis de inclusão de SM não afetaram significativamente a PPC.

O pH das carnes não foi influenciado pela fonte de Se, tampouco pela inclusão de SM nas diferentes fases pré-abate. Estes resultados estão de acordo com Perić et al. (2009) e Oliveira et al. (2014). No entanto, outros estudos mostram que a utilização de fontes biocomplexadas promovem um aumento no pH das carnes de frangos e de suínos comparado ao SS (Boiago et al., 2014, Li et al., 2017, Calvo et al., 2017). Comparando-se os níveis dietéticos de SM, foi observado efeito linear negativo entre o acréscimo nos níveis de SM e o pH das carnes do peito. Calvo et al. (2017), observaram correlação positiva entre os maiores valores de pH e as menores PPG para carnes suínas, valores contrários ao do presente estudo, em que os tratamentos que proporcionaram menores pH também proporcionaram menores PPG.

Embora a atuação de fontes biocomplexadas de Se na prevenção da oxidação em carnes de frangos seja bem evidenciado (Perić et al. 2009; Wang et al., 2011; Ahmad et al. 2012; Boiago et al. 2014; Rajashree et al.2014), no presente estudo não foram verificadas diferenças significativas para o índice de peróxidos com a utilização de diferentes fontes e níveis de Se dietético. Li et al. (2017) não encontraram diferenças significativas para o índice de TBARS utilizando quatro diferentes fontes de Se (SS, Se-levedura, SM e nanoselênio).

Análise de selênio

Vários autores verificaram que as fontes biocomplexadas promovem maior deposição tecidual de Se em relação ao SS para frangos de corte e para suínos (Perić et al., 2009; Gomes et al., 2011; Wang et al., 2011; Rajashree et al., 2014; Dalia et al., 2017, Li et al., 2017; Jiang et al., 2017).

Segundo Schrauzer (2000) isso se deve à similaridade entre a SM e a metionina que torna possível que a SM seja utilizado na síntese proteica indiferentemente, uma vez que, o RNA transportador para metionina não consegue discriminar os dois aminoácidos. De acordo com Schrauzer (2003), qualquer SM que não é imediatamente metabolizada é incorporada em órgãos com alta taxa de síntese proteica como músculo, pâncreas, fígado, rim e mucosa intestinal.

Comparando-se as fontes dietéticas de Se houve menor deposição hepática para os tratamentos contendo SS com inclusão de 0,3ppm. Payne e Southern (2005), Wang et al. (2011) e Rajashree et al. (2014) também verificaram maior deposição de Se hepático utilizando fontes biocomplexadas. A taxa de deposição de Se hepático em relação à deposição muscular é maior para o SS independente do nível utilizado. No presente estudo foi observado que ao nível de 0,3ppm a deposição de Se hepático é 5,19 vezes maior que a deposição muscular, enquanto que para a SM essa relação é de 3,87. Para o nível de 0,5ppm o comportamento é semelhante, sendo a relação entre a deposição hepática e deposição muscular para o SS e SM é de 5,43 e 3,04, respectivamente. De acordo com Rajashree et al. (2014), esse comportamento pode ser explicado pelo processo de detoxificação do organismo, já que fontes biocomplexadas são mais biodisponíveis.

No segundo experimento foi observado um aumento linear nas deposições muscular e hepática de Se em relação ao nível de inclusão da SM. Oliveira et al. (2014) também verificou deposição linear de Se no peito de frangos de corte com o incremento nos níveis dietéticos de Se-levadura (0,15 a 0,6ppm). No presente estudo, a utilização de SM ao nível de 0,6 ppm proporcionou aumento de 81,64% na deposição muscular em relação ao nível dietético de 0,3ppm.

CONCLUSÃO

A utilização de diferentes níveis de SM não influenciou no desempenho dos frangos de corte, no entanto o SS 0,3 ppm promoveu menor ganho de peso e pior conversão alimentar.

A perda de peso por gotejamento e a perda de peso por cozimento foram menores para o tratamento em que foi fornecido SM 0,5ppm durante 1 a 42 dias e estes valores foram semelhantes à utilização do SM apenas na última semana de criação. O aumento nos níveis de SM, promoveu decréscimo linear na perda por exsudação e no pH de peitos dos frangos.

A deposição muscular de Se utilizando SM 0,3ppm de 1 a 42 dias foi semelhante à suplementação de SM 0,5ppm apenas na última semana antes do abate e o aumento nos níveis dietéticos de SM promoveu um aumento linear na deposição de Se nos tecidos muscular e hepático.

A suplementação de 0,6 ppm de SM para frangos de corte promoveu deposição de 0,267 mg por quilo de carne do peito. Considerando o consumo de um filé de 150 gramas, a deposição de Se corresponde a 40,05 μ g, cerca de 70% da exigência para seres humanos adultos que é de 55 μ g por dia, de acordo com o *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board* (2000).

REFERÊNCIAS

Bertechini, A. G. 2013. Nutrição de Monogástricos, 2a ed., Lavras, MG.

Bertechini, A. G., Silva, V. A., Figueiredo, F. M., Oliveira, T. F. B. 2015. Egg and poultry meat enrichment of selenium. In Bañuelos et al, Global advances in Selenium research from theory to application: Proceedings..., São Paulo, SP.

Boiago, M. M., Borba, H., Leonel, F. B., Giampietro-Ganeco, A., Ferrari, F. B., Stefani, L. M., Souza, P. A. 2014. Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. *Ciência Rural*, 44:1692-1698.

Dalia, A. M.; Loh, T. C., Sazili, A. Q.; Jahromi, M. F.; Samsudin, A. A. 2017. The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and Selenoproteins gene expression in broiler chickens. *BMC Vet. Res.* 13:254

Downs, K. M.; Hess, J. B.; Bilgili, S. F. 2000. Selenium Source Effect on Broiler Carcass Characteristics, Meat Quality and Drip Loss. *J. Appl. Anim. Res.* 18:61-72.

Gay, C. A.; Gebicki, J. M. 2002. Perchloric Acid Enhances Sensitivity and Reproducibility of the Ferric–Xylenol Orange Peroxide Assay. *Anal. Biochem.* 304:42–46.

Gomes, F. A.; Bertechini, A. G.; Dari, R. L. 2011. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63:633-640.

Huang, X.; Sun, B.; Zhang, J.; Gao, Y.; Li, G.; Chang, Y. 2017. Selenium Deficiency Induced Injury in Chicken Muscular Stomach by Down regulating Selenoproteins. *Biol. Trace Elem. Res.* 179:277-283.

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2000. Dietary Reference Intakes: Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. National Academy Press, Washington, DC.

Jiang, J., Tang, X., Xue, Y., Lin, G., Xiong, Y. L. 2017. Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Sci*, [https://doi: 10.1016/j.meatsci.2017.03.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.014)

Li, J. L.; Zhang, L.; Yang, Z. Y.; Zhang, Z. Y.; Jiang, Y.; Gao, F.; Zhou, G. H. 2017. Effects of Different Selenium Sources on Growth Performance, Antioxidant Capacity

and Meat Quality of Local Chinese Subei Chickens. *Biol. Trace Elem. Res.* <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1049-4>

Massingue, A. A. 2012. Uso de carne mecanicamente separada de aves na elaboração de mortadelas à base de carne de cordeiros e de ovelhas. Dissertação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Medeiros, L. G.; Oba, A.; Shimokomaki, M.; Pinheiro, J. W.; Silva, C. A.; Soares, A. L.; Pissinati, M. A. 2012. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Semina: Ciências Agrárias*.3:3361-3370.

Oliveira, T. F. B.; Rivera, D. F. R.; Mesquita, F. R.; Braga, H.; Ramos, E. M. and Bertechini, A. G. 2014. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 23:15–22.

Payne, R. L.; Southern, L. L. 2005. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. *Poult. Sci.*84:898-902.

Perić, L.; Milošević, N.; Žikić, D.; Kanački, Z., Džinić, N.; Nollet, L.; Spring, P. 2009. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.*18:403-409.

Rajashree, K.; Muthukumar, T.; Karthikeyan, N. 2014. Influence of inorganic and organic selenium sources on broiler performance and meat quality. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 4:151-157.

Rasmussen, A.; Anderson, M. 1996. New methods for determination of drip loss in pork muscles. Proc. 42nd, Hildrum & Risvik, Norway.

Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T; Hannas, M.I. et al. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Viçosa, MG: UFV.

Schrauzer, G. N. 2000. Selenomethionine: A Review of Its Nutritional Significance, Metabolism and Toxicity. *J. Nutr.*130:1653-1656.

Wang, Y. X.; Zhan, X. A.; Yuan, D.; Zhang, X.W.; Wu, R. J. 2011. Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. *Czech J. Anim. Sci.* 56:305–313.

Yoon, I.; Werner, T. M.; Butler, J. M. 2007. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:727-730.

Tabela 1 – Tratamentos do experimento I*

Tratamentos	
T1	1-42 d SS ¹ 0,3ppm (controle)
T2	1-42 d SS 0,5ppm
T3	1-42 d SM ² 0,3ppm
T4	1-42 d SM 0,5ppm
T5	1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,3ppm
T6	1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,5ppm
T7	1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,3ppm
T8	1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,5ppm
T9	1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,3ppm
T10	1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,5ppm
T11	1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,3ppm
T12	1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,5ppm

*¹SS: Selenito de Sódio (45,7% de Se)

²SM: Selenometionina (1600 ppm de Se)

Tabela 2. Composição percentual das rações basais para frangos de corte nas diferentes fases

Ingredientes	1-21dias	22-42 dias
Milho	60,11	64,75
Farelo de soja	34,54	29,53
Óleo de soja	2,03	2,56
Fosfato bicálcico	1,02	1,06
Calcário	1,04	0,78
Sal comum	0,48	0,48
DL-Metionina	0,24	0,22
L-lisina HCl	0,15	0,23
L-Treonina	0,02	0,02
Premix Vitamínico ¹	0,10	0,10
Premix Mineral ²	0,10	0,10
Cloreto de Colina (60%)	0,04	0,04
Salinomicina (12%)	0,05	0,05
Bacitracina de zinco (10%)	0,03	0,03
Fitase 10000 FTU	0,01	0,01
Inerte*	0,04	0,04
Composição nutricional calculada		
Energia Metabolizável kcal/kg	3007	3100
Proteína Bruta	20,64	18,80
Metionina digestível	0,54	0,50
Met + Cis	0,87	0,81
Lisina	1,22	1,15
Treonina	0,83	0,75
Triptofano	0,25	0,22
Arginina	1,38	1,23
Isoleucina	0,89	0,80
Gli+Ser	1,96	1,76
Sódio	0,21	0,21
Cálcio	0,85	0,75
Fósforo disponível	0,45	0,45
Selênio analisado*, ppm	0,09	0,09

¹Suplementando por kg de ração: Vit. A 12.000 UI, Vit. D3 2400 UI, Vit. E 40 mg, Vit. K 31,8 mg, Vit. B1 2,5 mg, Vit. B2 4,0 mg, Vit. B6 2,0 mg, Vit. B12 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ác. Fólico 1,8 mg. ² Suplementando por kg de ração: Fe 80 mg, Zn 70 mg, Mn 70 mg, I 1 mg, Cu 10 mg. * Caulim: utilizado para inclusão dos tratamentos.

* Analisado por espectrometria de absorção atômica equipado com sistema de gerador de hidretos 77 VGA

Tabela 3 – Tratamentos do experimento II *

Tratamentos	
T1	SM ² - 0,3 ppm
T2	SM - 0,4 ppm
T3	SM - 0,5 ppm
T4	SM - 0,6 ppm

¹SM: Selenometionina (1600 ppm de Se)

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte alimentados com Selenometionina em diferentes idades*

Tratamentos	Experimento I					
	Desempenho 1-21 dias			Desempenho 1-42 dias		
	CR ³	GP ⁴	CA ⁵	CR	GP	CA
1-42 d SS ¹ 0,3ppm	1,246	1,005	1,240	4,820b	2,894b	1,665c
1-42 d SS 0,5ppm	1,248	1,007	1,239	4,799b	2,969a	1,616ab
1-42 d SM ² 0,3ppm	1,245	1,012	1,230	4,848ab	2,973a	1,630abc
1-42 d SM 0,5ppm	1,255	1,004	1,251	4,815b	2,998a	1,606a
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,3ppm	1,248	1,023	1,220	4,871ab	2,960a	1,646abc
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,5ppm	1,245	0,987	1,261	4,909ab	2,968a	1,653bc
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,3ppm	1,252	0,990	1,265	4,903ab	2,967a	1,652bc
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,5ppm	1,262	1,016	1,242	4,845ab	2,952a	1,640abc
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,3ppm	1,258	1,021	1,232	4,977a	2,988a	1,665c
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,5ppm	1,251	1,001	1,250	4,886ab	2,955a	1,653bc
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,3ppm	1,248	0,998	1,250	4,919ab	2,967a	1,657bc
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,5ppm	1,256	0,999	1,257	4,859ab	2,988a	1,626abc
Média Geral	1,251	1,005	1,245	4,871	2,965	1,642
CV (%)	0,85	2,43	2,16	1,75	1,34	1,67

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância.

¹SS: Selenito de Sódio (45,7% de Se); ²SM: Selenometionina (1600 ppm de Se); ³CR: Consumo de ração (kg); ⁴GP: Ganho de peso (kg); ⁵CA: Conversão Alimentar (kg/kg).

Tabela 5. Rendimentos de carcaça e de cortes de frangos de corte alimentados com Selenometionina em diferentes idades, expressos em porcentagem*

Tratamentos	Experimento I			
	Carcaça	Peito	Pernas	Asas
1-42 d SS ¹ 0,3ppm	76,38	26,66	22,79	8,51
1-42 d SS 0,5ppm	77,45	27,09	22,77	8,34
1-42 d SM ² 0,3ppm	76,91	27,17	23,04	8,70
1-42 d SM 0,5ppm	76,38	27,04	23,16	8,28
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,3ppm	77,09	27,06	22,58	8,13
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,5ppm	76,90	27,33	22,28	8,14
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,3ppm	75,93	26,80	22,34	8,01
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,5ppm	76,11	26,39	22,41	8,07
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,3ppm	75,63	27,80	22,31	8,42
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,5ppm	75,14	26,83	21,85	7,87
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,3ppm	75,99	27,15	22,38	8,18
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,5ppm	77,01	27,00	22,62	8,20
Média Geral	76,42	27,03	22,54	8,24
CV (%)	2,47	5,09	6,28	7,07

¹SS: Selenito de Sódio (45,7% de Se);

²SM: Selenometionina (1600 ppm de Se).

Tabela 6. Qualidade de carne de frangos de corte alimentados com Selenometionina em diferentes idades*

Tratamentos	Experimento I						
	Cor objetiva			PPG ³	PPC ⁴	pH	IP ⁵
	L	a*	b*				
1-42 d SS ¹ 0,3ppm	52,84ab	6,01ab	11,81ab	3,27a	26,22b	6,33	26,44
1-42 d SS 0,5ppm	52,66ab	7,17a	12,61a	2,32bc	23,33ab	6,34	26,55
1-42 d SM ² 0,3ppm	50,91b	6,01ab	11,16ab	2,34bc	22,88ab	6,31	27,12
1-42 d SM 0,5ppm	50,50b	6,11ab	11,45ab	2,02c	21,11a	6,24	24,14
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,3ppm	51,50ab	6,43a	11,12ab	2,63abc	24,03ab	6,46	29,11
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,5ppm	51,96ab	6,11ab	11,22ab	2,53abc	23,27ab	6,50	26,92
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,3ppm	50,91ab	6,55a	10,97ab	2,82abc	25,23b	6,32	29,97
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,5ppm	50,76ab	6,42a	10,11ab	2,68abc	23,37ab	6,38	24,89
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,3ppm	51,34ab	6,62a	12,07a	2,28bc	23,87ab	6,31	22,77
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,5ppm	53,53a	7,09a	12,40a	2,51abc	22,81ab	6,43	24,53
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,3ppm	52,14ab	6,93a	12,39a	2,99ab	24,22ab	6,48	27,17
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,5ppm	52,53ab	5,14b	10,14b	2,69abc	23,62ab	6,45	27,48
Média Geral	51,58	6,38	11,54	2,59	23,66	6,38	26,42
CV (%)	2,89	11,94	9,28	16,69	7,04	2,08	10,14

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância.

¹SS: Selenito de Sódio (45,7% de Se); ²SM: Selenometionina (1600 ppm de Se)

³PPG: Perda de peso por gotejamento (%); ⁴PPC: Perda de peso por cozimento; ⁵IP: Índice de peróxidos (mg de hidroperóxido/cm²/kg)

Tabela 7. Deposição de Selênio muscular e hepático em frangos de corte alimentados com Selenometionina em diferentes idades, expressos em mg/kg*

Tratamentos	Experimento I			
	Peito		Fígado	
	Matéria Seca	Matéria Natural	Matéria Seca	Matéria Natural
1-42 d SS ¹ 0,3ppm	0,334d	0,089c	1,553b	0,462d
1-42 d SS 0,5ppm	0,362cd	0,096bc	1,697bd	0,522cd
1-42 d SM ² 0,3ppm	0,536fg	0,147df	1,867bcd	0,570bcd
1-42 d SM 0,5ppm	0,712a	0,189a	1,926bcd	0,576bcd
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,3ppm	0,532fg	0,141def	2,148cd	0,651bc
1-14 d SS 0,3ppm e 15-42 d SM 0,5ppm	0,659b	0,180a	1,907bcd	0,566bcd
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,3ppm	0,507g	0,134de	1,907bcd	0,545bcd
1-21 d SS 0,3ppm e 22-42 d SM 0,5ppm	0,590ef	0,154f	2,063bcd	0,629bc
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,3ppm	0,570efg	0,153f	2,206cd	0,678b
1-28 d SS 0,3ppm e 29-42 d SM 0,5ppm	0,602e	0,158f	3,496a	1,05a
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,3ppm	0,397c	0,105b	2,176cd	0,660bc
1-35 d SS 0,3ppm e 36-42 d SM 0,5ppm	0,508g	0,130e	2,291c	0,685b
Média Geral	0,525	0,139	2,103	0,633
CV (%)	8,25	8,20	15,22	14,08

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância.

¹SS: Selenito de Sódio (45,7% de Se); ²SM: Selenometionina (1600 ppm de Se)

Tabela 8. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina *

Tratamentos	Experimento II					
	Desempenho 1-21 dias			Desempenho 1-42 dias		
	CR ²	GP ³	CA ⁴	CR	GP	CA
SM ¹ 0,3 ppm	1,248	1,043	1,248	4,736	2,916	1,630
SM 0,4 ppm	1,232	1,037	1,232	4,816	2,906	1,637
SM 0,5 ppm	1,267	1,014	1,267	4,747	2,929	1,644
SM 0,6 ppm	1,255	1,019	1,232	4,865	2,932	1,651
Média Geral	1,250	1,028	1,220	4,791	2,921	1,640
CV (%)	4,09	3,57	4,63	3,25	2,91	3,51

¹SM: Selenometionina (1600 ppm de Se); ²CR: Consumo de ração (kg); ³GP: Ganho de peso (kg); ⁴CA: Conversão Alimentar (kg/kg).

Tabela 9. Rendimento de carcaça e de cortes de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina *

Experimento II				
Tratamentos	Carcaça	Peito	Pernas²	Asas
SM ¹ 0,3 ppm	76,91	27,17	23,04	8,52
SM 0,4 ppm	75,94	26,39	22,52	8,39
SM 0,5 ppm	76,54	27,04	23,16	8,29
SM 0,6 ppm	77,68	27,56	23,48	8,13
Média Geral	76,77	27,04	23,05	8,33
CV (%)	2,24	4,91	5,54	6,44

¹SM: Selenometionina (1600 ppm de Se).

²Pernas: coxa+sobrecoxa

Tabela 10. Características físico-químicas de carne de peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina*

Experimento II					
Tratamentos	Cor objetiva			PPC²	IP³
	L	a*	b*		
SM ¹ 0,3 ppm	51,28 ^{NS}	6,01 ^{NS}	11,35 ^{NS}	23,11 ^{NS}	26,44 ^{NS}
SM 0,4 ppm	50,33 ^{NS}	5,60 ^{NS}	11,89 ^{NS}	22,91 ^{NS}	25,07 ^{NS}
SM 0,5 ppm	50,50 ^{NS}	6,11 ^{NS}	11,45 ^{NS}	22,00 ^{NS}	26,55 ^{NS}
SM 0,6 ppm	51,23 ^{NS}	6,54 ^{NS}	11,33 ^{NS}	21,43 ^{NS}	24,26 ^{NS}
Média Geral	50,83	6,06	11,50	22,36	25,58
CV (%)	2,36	11,54	8,07	6,73	6,91

¹SM: Selenometionina (1600 ppm de Se).

²PPC: perda de peso por cozimento (%); ³IP: índice de peróxidos (mg de hidroperóxidocumeno/kg)

NS: não significativo

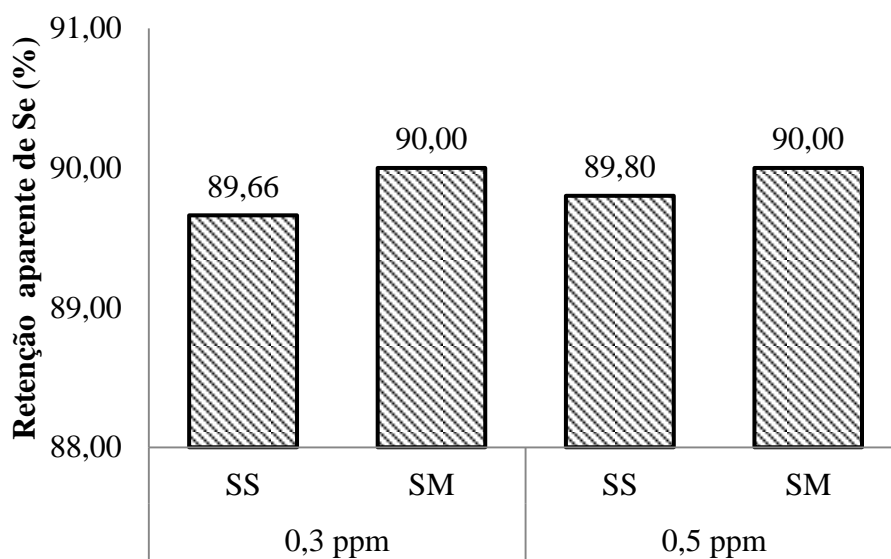


Figura 1. Retenção aparente de selênio para frangos de corte alimentados com Selenito de sódio (SS) e Selenometionina (SM) nos níveis de 0,3 e 0,5 ppm no período de 28 a 35 dias de idade.

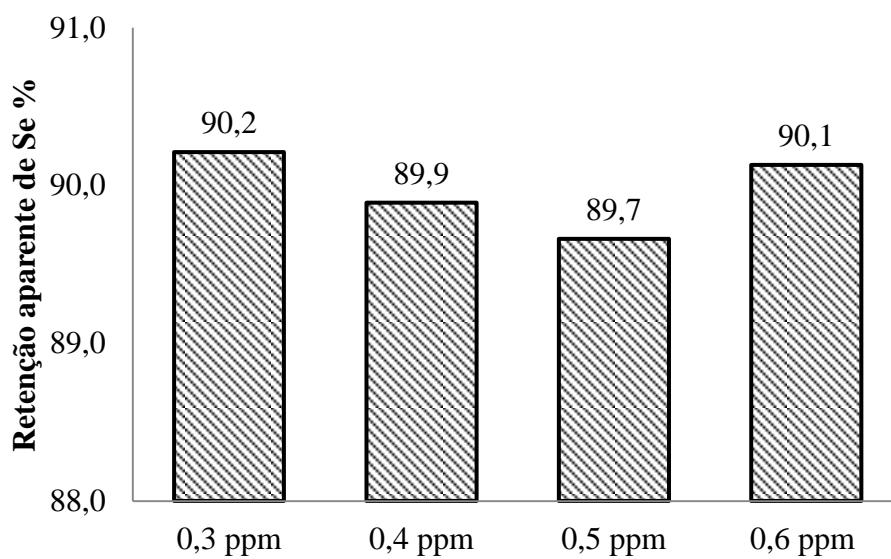


Figura 2. Retenção aparente de Selênio em frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina

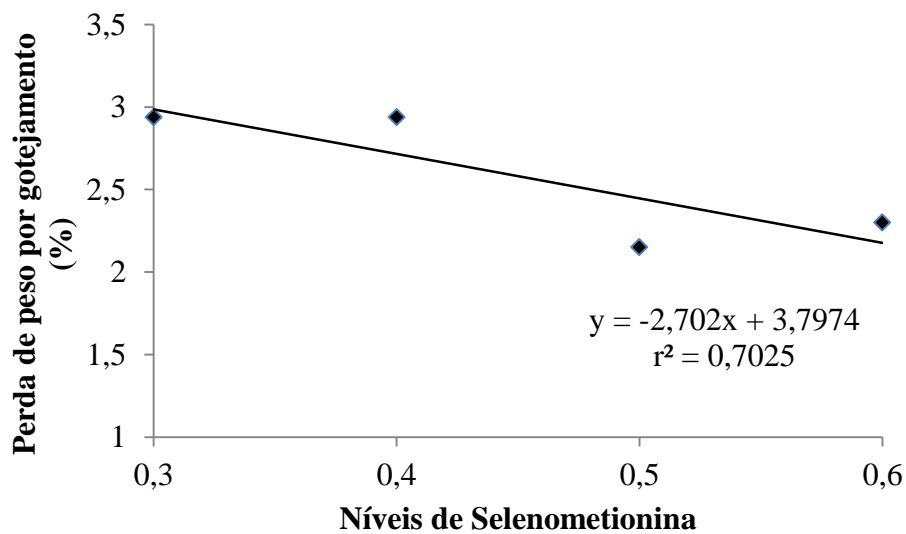


Figura 3. Perda de peso por gotejamento de carnes de peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de SM

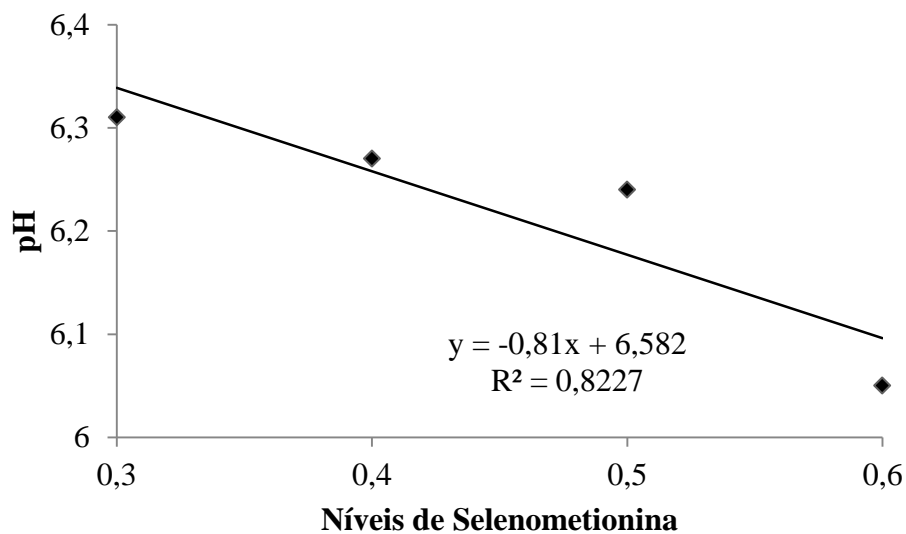


Figura 4. Valores de pH de carnes de peitos de frangos de corte de acordo com os níveis de SM da dieta

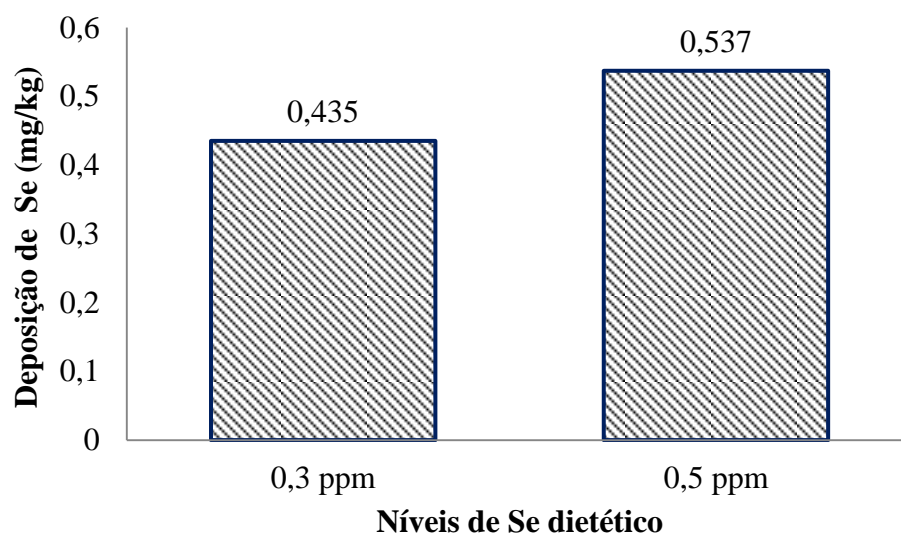


Figura 5. Deposição de Se no músculo do peito de frangos de corte de acordo com o nível de inclusão, com base na matéria natural.

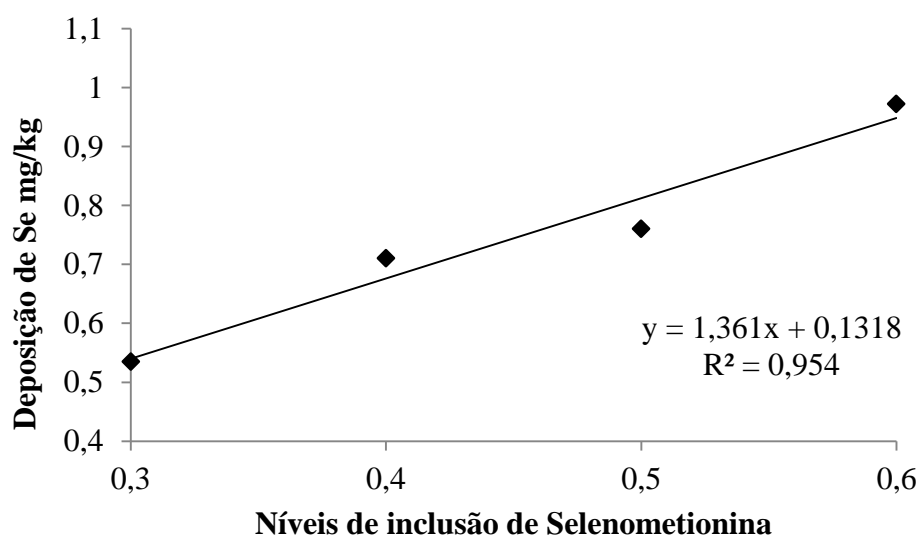


Figura 6. Deposição de Se em peitos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina, expressos em mg/kg com base na matéria seca.

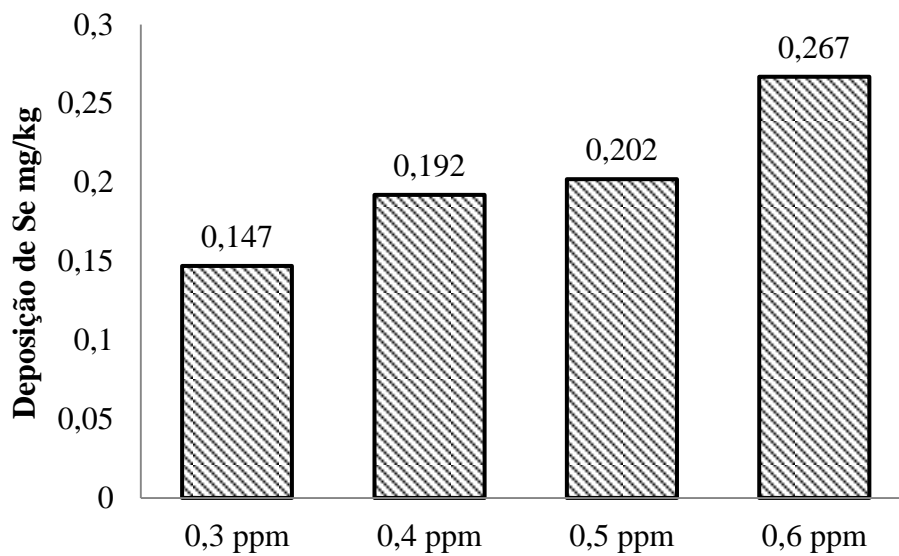


Figura 7. Deposição de selênio em peitos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de Selenometionina, expressos em mg/kg com base na matéria natural

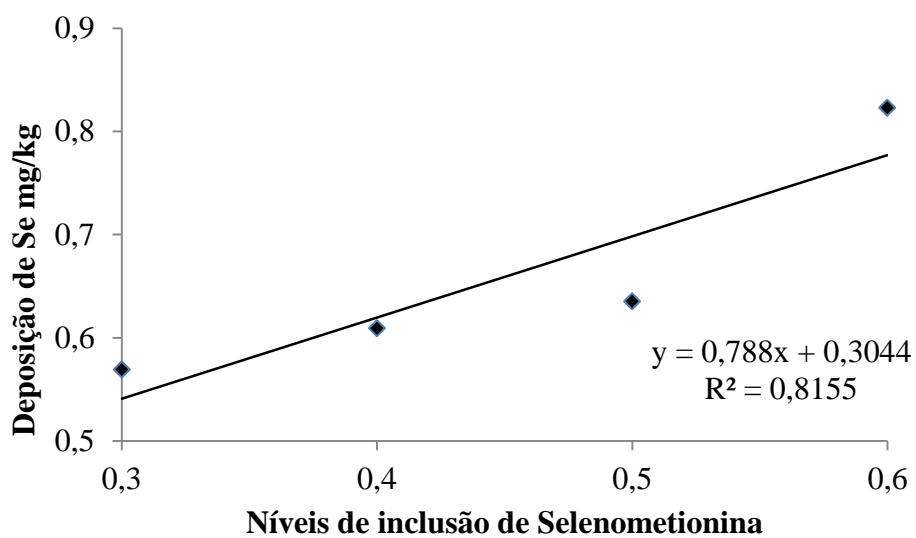


Figura 8. Deposição de Se em fígados de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de selenometionina, expressos em mg/kg com base na matéria natural.

ARTIGO 2. Fontes de selênio sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de selênio para frangos de corte

Vanessa Avelar Silva⁽¹⁾; Antônio Gilberto Bertechini⁽¹⁾

- ⁽¹⁾ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, CEP: 37200-000, Minas Gerais, Brasil. E-mail: vanessaavelarzoo@yahoo.com.br, bertechini@dzo.ufla.br

*Artigo redigido conforme normas da revista: “Pesquisa Agropecuária Brasileira” (Versão preliminar)

Resumo: O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas fontes de Selênio (Se) levedura sobre as características de desempenho e rendimento de carcaça, qualidade de carne, atividade plasmática de glutathione peroxidase (GSH-Px) e deposição tecidual de Se para frangos de corte. Foram utilizados 1200 pintos de um dia machos Cobb 500, distribuídos inteiramente ao acaso em quatro tratamentos com dez repetições. Os tratamentos consistiram de duas fontes de Se-levedura (3000 ppm e 2000 ppm de Se), uma fonte inorgânica (Selenito de sódio - 45,7% de Se) e a combinação entre a fonte inorgânica e Se-levedura 3000 ppm, todos com inclusão de 0,3ppm de Se. As dietas foram à base de milho e farelo de soja. Não houve diferenças significativas para o desempenho e rendimento de carcaça e de cortes ($p > 0,05$). Para as características de qualidade de carne não houve diferenças ($p > 0,05$), no entanto, os tratamentos que continham apenas Se-levedura proporcionaram menores valores de TBARS das carnes ($p < 0,05$). O tratamento contendo exclusivamente Se-levedura 3000 ppm apresentou maior atividade de GSH-Px ($p < 0,05$). As fontes de Se-levedura proporcionaram maior deposição muscular de Se. As fontes biocomplexadas se mostraram mais biodisponíveis e promoveram maior estabilidade oxidativa das carnes de frango.

Termos para indexação: Selênio biocomplexado; glutathione peroxidase; estabilidade oxidativa.

Dietary selenium sources on meat quality and selenium tissue deposition for broilers

Abstract: The aim of study was to investigate the effect of two sources of Selenium (Se) yeast on performance characteristics and carcass yield, meat quality, plasma glutathione peroxidase activity (GSH-Px) and tissue deposition of Se for broilers. Were used 1.200 one day old, Cobb 500 male chicks, randomly distributed in four treatments with ten replicates. The

treatments consisted of two sources of Se-yeast (3000 ppm and 2000 ppm Se), an inorganic source (Sodium Selenite - 45.7% Se) and the combination between the inorganic source and Se-yeast 3000 ppm, all treatments with 0.3 ppm of Se inclusion. The diets were based on corn and soybean meal. There were no significant differences for performance, carcass and cut yields ($p>0.05$). For meat quality characteristics there were no differences ($p>0.05$), however, treatments containing Se-yeast only, provided lower values of TBARS ($p<0.05$). The treatment containing exclusively Se-yeast 3000 ppm presented higher GSH-Px activity ($p<0.05$). The sources of Se-yeast provided greater deposition of Se in muscle tissue. Biocomplexed sources were more bioavailable and promoted greater oxidative stability of chicken meat.

Index terms: Biocomplexed selenium; glutathione peroxidase; oxidative stability.

Introdução

A utilização das fontes orgânicas de Se para manutenção das características sensoriais das carnes vem sendo intensamente investigadas (Perić et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Boiago et al., 2014, Li et al., 2017). A oxidação lipídica é uma das principais razões após a deterioração microbiana para diminuição dos índices nutricionais bem como das características físico-químicas de carne (Ahmad et al., 2012).

O Se é um micromineral importante para a manutenção dos *status* redox e da integridade de membranas por meio da enzima GSH-Px que protege as células contra danos causados por radicais livres (Rajashree et al. 2014). A enzima GSH-Px tem como componente a selenocisteína, sendo essa enzima, responsável pela catalisação da reação de transição da glutatona no estado reduzido para o estado oxidado, liberando moléculas de hidrogênio que neutralizam os peróxidos danosos às membranas celulares (Rover Jr et al., 2001).

As fontes biocomplexadas (orgânicas) são mais biodisponíveis que as fontes inorgânicas, comumente utilizadas na alimentação dos animais, proporcionando maior deposição tecidual de Se (Dalia et al., 2017), maior estabilidade oxidativa de carnes e consequentemente, maior vida de prateleira (Cao et al. 2014, Oliveira et al. 2014, Rajashree et al., 2014; Calvo et al., 2017). Dentre as fontes biocomplexadas mais utilizadas destaca-se a Se-levedura, produzida por fermentação de cepas da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo sua principal composição os aminoácidos selenados: selenometionina e selenocisteína (Kelly e Power 1995). No entanto, existem diferenças na biodisponibilidade de algumas formas de Se-levedura, sendo atribuídas às variações das cepas e às condições de crescimento das mesmas (Surai e Fisinin, 2014), bem como as concentrações de Se. Essas diferenças podem afetar de maneira direta o efeito da utilização de Se-levedura na alimentação animal com o intuito de melhorar a qualidade das carnes.

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas fontes de Se-levedura sobre o desempenho e rendimento de carcaça, características de qualidade de carne, atividade plasmática de GSH-Px e deposição tecidual de Se em frangos de corte.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na cidade de Lavras, localizada à 21° 14' 43 latitude sul e 44° 59' 59 longitude oeste e altitude de 919 metros. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Utilização de Animais da Universidade Federal de Lavras, sob protocolo n° 006/16.

Foram utilizados 1200 pintos de um dia machos Cobb 500 (39,3g± 2g) distribuídos inteiramente ao acaso em quatro tratamentos com 10 repetições cada, totalizando 40 unidades experimentais com 30 aves. Água e ração foram fornecidas à vontade em bebedouro pendular e comedouro tubular, respectivamente. O aquecimento de ambiente foi realizado com o uso de

fornalha aquecedora com controle automático de temperatura até 15 dias de idade. O programa de luz utilizado foi de 24L:0E de um a 14 dias e após esse período 16L:8E. As temperaturas médias registradas, máxima e mínima foram de 30,6 e 15,4°C, respectivamente e a umidade relativa média foi de 65%.

Para todos os tratamentos experimentais e para todas as fases foi atendida a exigência nutricional de Se preconizada no NRC (1994) de 0,3ppm. Foram utilizadas duas fontes de Se-levedura e uma fonte de Se inorgânico. Os tratamentos experimentais foram: Selenito de sódio (SS-45,7% de Se), Se-levedura (3000 ppm de Se), Se-levedura (2000ppm de Se) e SS (inclusão de 0,15ppm) + Se-levedura 3000 ppm (inclusão de 0,15 ppm).

Foi estabelecido um programa nutricional de 1-22 e 22 a 42 dias. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja seguindo as exigências nutricionais preconizadas por Bertechini (2013) e os suplementos minerais e vitamínicos utilizados eram isentos de Se (Tabela 1).

Foram avaliadas as medidas de desempenho: ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar nas fases de 1 a 21 e 1 a 42 dias, a partir da pesagem das aves por parcela e das rações (fornecida e sobra).

Aos 42 dias, duas aves por parcela foram submetidas a jejum por 8 horas e abatidas por deslocamento cervical, sangradas, escaldadas por 3 minutos a 54° C, depenadas e evisceradas. Após a pesagem das carcaças, os peitos, as asas, as pernas das aves (coxa e sobrecoxa) e a gordura abdominal foram separados e pesados para determinação do rendimento de carcaça e de cortes.

Para determinação do rendimento de carcaça, considerou-se a carcaça eviscerada, sem pés, cabeça e pescoço em relação ao peso vivo de abate. Os cortes de peito, pernas (coxa/sobrecoxa) e asas, bem como a gordura abdominal dos animais tiveram seus rendimentos determinados em relação ao peso da carcaça.

Os peitos foram desossados e armazenados em gelo por uma hora e trinta minutos. A qualidade de carne do peito foi avaliada por meio de análises físico-químicas utilizando os peitos de duas aves por unidade experimental. Um dos peitos de cada parcela foi usado para avaliação do pH, perda de peso por gotejamento (PPG) e cor objetiva. O outro peito de cada parcela foi congelado para posteriores análises de índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), deposição de Se e perda de peso por cozimento (PPC).

O pH foi medido 4 horas após o abate com um potenciômetro Digimed DM-20, utilizando um eletrodo de punção e dispositivo calibrador de temperatura inseridos na massa muscular da carne do peito. Os valores de pH de cada amostra foram obtidos a partir das médias de três leituras (triplicatas), em diferentes posições.

Para mensuração da PPG, foram analisadas duas amostras por parcela, com dimensões de 2,5 cm³ retiradas do músculo *pectoralis major* de acordo com Rasmussen e Andersson (1996). Cada cubo foi suspenso por um gancho de aço inoxidável preso à tampa de um pote de plástico vedado para que não houvesse perdas para o meio exterior. O cubo foi posicionado de forma que a direção das fibras ficasse paralela ao fundo do pote. Depois de vedados, os potes foram alocados em um refrigerador a 4°C. Após 48 horas as amostras foram retiradas do refrigerador e pesadas para o cálculo da perda, expressas em percentual.

A leitura de cor objetiva dos peitos foi realizada na superfície dorsal do músculo *pectoralis major* após exposição dos mesmos por 30 minutos ao ar ambiente, fazendo-se o uso do colorímetro CM-700d (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão) de acordo com o processo reportado por Ramos e Gomide (2007). Para o cálculo dos índices de cor foi estabelecido o iluminante A, o ângulo de 10° para o observador, a reflectância especular excluída (SCE) e o sistema de cor CIELAB. Os índices de cor luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram obtidos considerando-se o valor médio de seis leituras realizadas em diferentes pontos do músculo.

Para a determinação da PPC, os peitos foram desossados e os músculos separados, pesados e envolvidos em papel alumínio. Em seguida, foram submetidos ao cozimento, em chapa elétrica previamente aquecida à temperatura de 150 ± 5 °C. Após atingirem 35 °C, as amostras foram viradas e mantidas em cozimento até a temperatura interna atingir 72 ± 2 °C. Após o cozimento, o papel alumínio foi retirado e as amostras resfriadas em temperatura ambiente por 30 minutos, quando foram novamente pesadas e o valor de PPC determinado (percentual da diferença entre os pesos antes e após o cozimento). As amostras utilizadas para determinação do índice de TBARS foram armazenadas durante 60 dias a -18 °C e posteriormente descongeladas em refrigerador a 4 °C por 24 horas para as análises. O índice de TBARS foi determinado segundo a metodologia proposta por Jo e Ahn (1998). Aproximadamente 8g de amostra foram homogeneizadas em 25mL de água destilada e 0,1mL de butilhidroxitolueno (BHT) 7,2% em turrax (14000 rpm). Depois de homogeneizado, foi retirada uma alíquota de 1mL do homogenato e a ela acrescentada 2 mL de solução TCA+TBA . Posteriormente, os tubos foram mantidos em banho-maria fervente por exatos 15 minutos. Após o banho-maria, os tubos foram resfriados em água com gelo por 5 minutos e centrifugados a 3000g por 15 minutos para a leitura em espectrofotômetro a uma absorvância de 532 nm. A concentração de dialdeído malônico (MDA) por quilo de amostra foi determinada a partir da leitura da absorvância multiplicada pelo fator de conversão 7,38, este valor por sua vez, foi determinado por uma curva padrão de calibração com 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

Foi coletada uma porção do peito e do fígado de uma ave por parcela. As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a 65 °C por 72 horas e posteriormente moídas, para análises dos teores de Se. Foi tomada uma alíquota entre 0,5 e 1,0 g da amostra desidratada, pesada e colocada em tubo digestor com 10 mL de ácido nítrico. A mistura foi mantida a frio por 12 horas. Em seguida as amostras passaram por aquecimento brando (80

°C) por 2 horas e aquecimento a 100 °C até eliminação de vapores nitrosos. Adição de peróxido de hidrogênio (2mL) foi feita para completar a digestão. A mistura foi diluída a 50 mL para a pré-redução do Se VI a Se IV através do tratamento com brometo de sódio e ácido sulfâmico (o ácido sulfâmico tem a função de garantir a ausência de nitrosos que interferem na medida por absorção atômica). O teor de Se total foi determinado por absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS), utilizando a atomização em tubo de quartzo (QTA) com temperatura de 850°C. Foi utilizado o espectrômetro de absorção atômica da VARIAN, modelo SpectrAA-2000 e gerador de hidretos Varian, modelo VGA 77. O reagente redutor adotado foi o borohidreto de sódio (solução alcalina). A fonte de radiação eletromagnética foi uma Lâmpada de Cátodo Ôco de Se marca PHOTRON e o comprimento de onda utilizado foi 196,0 nm.

Foram colhidas amostras de sangue da veia braquial da asa esquerda das aves diretamente em tubos contendo o anticoagulante heparina, utilizando agulhas descartáveis e, posteriormente, acondicionadas em gelo. Foram colhidas amostras de 4 aves por repetição, sendo que cada ave representou uma medida da unidade experimental. As amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 10 minutos a uma temperatura de 4°C, o plasma foi retirado e congelado a -80°C. Para a determinação da atividade enzimática foi utilizado um kit para determinação da GSH-Px (Cayman Chemical[®], Ann Arbor, MI, USA). Os resultados foram expressos em μmol de NADPH/min/mL de plasma.

Os resultados foram submetidos à ANOVA conforme procedimentos do pacote estatístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, 2001) e, quando necessário, para comparação das médias foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Não foram observados efeitos significativos ($p>0,05$) das fontes de Se para as medidas de desempenho (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com vários outros autores (Perić et al., 2009; Medeiros et al., 2012; Oliveira et al., 2014; Dalia et al., 2017) e sugerem que as fontes de Se ao nível de 0,3 ppm não influenciam o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar de frangos de corte.

O rendimento de carcaça, de cortes e gordura abdominal, também não apresentaram ($p>0,05$) influência das fontes de Se dietético (Tabela 3), sendo esses resultados, semelhantes aos obtidos por Rajashree et al. (2012) e Oliveira et al. (2014), sendo que esses autores utilizaram níveis de 0,15 a 0,6 ppm de Se-levedura na dieta dos frangos de corte. Já, no trabalho de Medeiros et al. (2012) foi verificada menor deposição de gordura abdominal quando utilizaram Se-levedura na dieta dos frangos de corte em níveis crescentes até 0,6 ppm.

Os menores valores de MDA/kg de carne ($p<0,05$) foram observados nos tratamentos com a inclusão das fontes de Se-levedura. Perić et al. (2009), Ahmad et al., (2012), Boiago et al.(2014) e Rajashree et al.(2014) também observaram que as fontes de Se-levedura proporcionam menores valores de TBARS em relação à fonte inorgânica, indicando que fontes biocomplexadas são mais eficientes em proteger as membranas celulares contra os potenciais danos gerados pela oxidação contribuindo para o aumento da vida de prateleira das carnes. No presente estudo, não houve diferença significativa entre as fontes de Se-levedura, sendo que apresentaram menores valores de MDA em relação aos tratamentos que continham SS.

Não houve diferenças entre os tratamentos ($p>0,05$) para PPG, pH, cor objetiva e PPC, de acordo com a tabela 4.

A utilização de Se biocomplexado está estreitamente relacionado com a preservação das membranas celulares, uma vez que o Se se mostra mais biodisponível do que nas fontes inorgânicas (Boiago et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Rajashree et al., 2014, Dalia et al.,

2017), além de se apresentar nas formas diretamente utilizáveis nas enzimas onde participa (Navarro-Alarcón e López-Martínez, 2000). A manutenção da integridade celular por meio da atuação do mineral no combate aos radicais livres contribui para menor perda de fluidos intracelulares (Puvača e Stanačev, 2011).

Downs et al. (2000) e Perić et al. (2009), observaram que os tratamentos contendo Se-levedura proporcionam menores valores de perda por exsudação em relação ao SS. Rajashree et al. (2014) também observaram maior capacidade de retenção de água utilizando selenometionina em relação aos tratamentos contendo SS e fontes combinadas (SS e selenometionina), independente do nível dietético utilizado. Por sua vez, Li et al. (2017) não verificaram diferenças significativas para a perda de peso por gotejamento utilizando diferentes fontes de Se. Esses autores também não observaram diferenças significativas para a cor objetiva de carnes de frangos de corte com a utilização do Se-levedura, semelhantes aos observados neste trabalho.

Para o pH os resultados encontrados também são semelhantes aos observados por Perić et al. (2009), Oliveira et al., (2014) e Puerto et al. (2016) que também não encontraram diferenças significativas para pH de carnes de frango utilizando fontes inorgânicas, biocomplexadas ou sua combinação. No entanto, Boiago et al. (2014) e Li et al. (2017) verificaram menores valores de pH para os tratamentos contendo SS em relação aos tratamentos contendo fontes biocomplexadas.

Quanto a PPC os resultados observados são semelhantes aos de Boiago et al., (2014) que também não verificaram diferenças entre as fontes de Se para a perda de peso por cozimento. Não obstante, os resultados para esta característica presentes na literatura são variados, uma vez que Oliveira et al. (2014) verificaram que frangos de corte alimentados com Se-levedura apresentaram carnes com menor perda de peso por cozimento.

Observou-se maior deposição muscular de Se ($p < 0,05$) nos tratamentos contendo as fontes biocomplexadas em relação ao SS. Estes resultados se assemelham ao de vários outros autores (Payne e Southern, 2005; Pericet al., 2009; Gomes et al., 2011; Boiago et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Rajashree et al., 2014) que verificaram maior deposição muscular de Se para fontes biocomplexadas. Entretanto, no presente estudo, o tratamento contendo Se-levedura 3000 ppm apresentou maior deposição muscular de Se ($p < 0,05$) comparado à Se-levedura 2000 ppm e ao tratamento com fontes combinadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2011), que trabalhando com duas fontes de Se-levedura (2000 e 1000 ppm de Se) e SS, verificaram que as fontes biocomplexadas, independente da concentração de Se proporcionaram maior deposição muscular quando comparadas ao SS. No entanto, para os níveis dietéticos de 0,15 e 0,3 ppm a Se-levedura 2000 ppm proporcionou maiores valores de deposição de Se comparado à Se-levedura menos concentrada; o que não ocorreu ao nível de 0,45 ppm, onde a deposição tecidual das duas fontes biocomplexadas não diferiu estatisticamente.

Não houve diferença significativa para a deposição de Se no fígado ($p < 0,05$), conforme a tabela 5. Apesar destes resultados, numericamente, a relação entre a deposição hepática de Se e a deposição muscular é muito maior quando se utiliza SS(6,82), enquanto que utilizando-se Se-levedura 3000 ppm essa relação é aproximadamente a metade (3,12). Segundo, Rajashree et al. (2014), isso se deve ao processo de detoxificação do fígado, uma vez que o SS é menos biodisponível do que o Se-levedura. Este resultado pode ser explicado também pela não distinção do organismo entre utilização da selenometiona e da metionina (Schrauzer, 2003), integrando esta primeira a alguns processos metabólicos como, por exemplo, a formação da selenocisteína, componente ativo da GSH-Px.

A atividade da GSH-Px foi maior ($p < 0,05$) para os tratamentos contendo exclusivamente Se-levedura 3000ppm, sendo que a menor atividade foi observada para o uso

da associação das fontes biocomplexada e inorgânica, conforme apresentado na tabela 6. Payne e Southern (2005) verificaram maior atividade de GSH-Px plasmática utilizando Se-levedura com o SS, e, estes autores, verificaram que a maior atividade plasmática da enzima foi verificada para o tratamento em que houve maior deposição tecidual de Se, resultados que corroboram com o presente estudo. Ainda segundo esses mesmos autores, aves alimentadas com Se-levedura, em uma situação de privação alimentar de Se, são capazes de manter os níveis deste micromineral por meio do *turnover* das proteínas selenadas do músculo do peito, sendo o Se reciclado e utilizado para manutenção dos níveis no fígado e no plasma, e conseqüentemente a atividade da GSH-Px nesses tecidos. Yoon et al. (2007) verificaram que a atividade de GSH-Px aumenta de forma linear ($p < 0,01$) com o aumento da suplementação dietética de Se. Li et al. (2017) verificaram que a Se-levedura, nanoselênio e selenometionina proporcionaram maior atividade sérica de GSH-Px comparado ao SS, porém não observaram diferenças na capacidade antioxidante total.

Conclusão

As fontes de Se não afetam o desempenho e os rendimentos da carcaça e de cortes de frangos de corte.

As Se-leveduras 2000 ppm e 3000 ppm proporcionam menor formação de peróxidos na carne do peito após estocagem por congelamento, sugerindo maior estabilidade oxidativa e maior vida útil dessa carne.

A utilização de Se-levedura 3000ppm promove a maior deposição muscular de Se sendo possível promover a deposição de 16,05 μg de Se em uma porção de filé de peito de 150 gramas, valor correspondente a cerca de 30% da exigência nutricional de Se para seres humanos adultos, preconizada pelo *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board* (2000) de 55,0 μg .

Referências

AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J.; KHAN, M. A.; WANG, Y.; ZHANG, L. AND WANG, T. Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, 2012, p.7111-7120.

BERTECHINI, A. G., **Nutrição de Monogástricos**, 2a ed., Lavras, 2013, 373p. Editora UFLA.

BOIAGO, M. M., BORBA, H., LEONEL, F. B., GIAMPIETRO-GANECO, A., FERRARI, F. B., STEFANI, L. M., SOUZA, P. A. Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. **Ciência Rural**, v.44, ,2014, p.1692-1698.

CAO, J.; GUO, F.; ZHANG, L.; DONG, B.; GHONG, L. Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-46>, acesso em 20 de outubro de 2017.

CALVO,L.; TOLDRÁ, F.; RODRÍGUEZ, A. I.; LÓPEZ-BOTE, C.; REY, A. I. Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. **Food Science and Nutrition**, v.5, 2017, p.94-102.

DALIA, A. M.; LOH, T. C., SAZILI, A. Q.; JAHROMI, M. F.; SAMSUDIN, A. A. The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and

Selenoproteins gene expression in broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v.13, 2017, p.254.

DOWNS, K. M.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Selenium Source Effect on Broiler Carcass Characteristics, Meat Quality and Drip Loss. **Journal of Applied Animal Research**, v.18, 2000, p.61-72.

INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD. **Dietary Reference Intakes: Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids**. National Academy Press, Washington, DC, 2000.

GOMES, F. A.; BERTECHINI, A. G.; DARI, R. L. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2011, v.63, p. 633-640.

INVERNIZZI, G.; AGAZZI, A.; FERRONI, M.; REBUCCI, R.; FANELLI, A.; BALDI, A.; DELL'ORTO, V.; SAVOINI, G. Effects of inclusion of selenium-enriched yeast in the diet of laying hens on performance, eggshell quality, and selenium tissue deposition. **Italian Journal of Animal Science**, v.12, 2013. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4081/ijas.2013.e1> acesso em: 30 de novembro de 2017.

JO, C.; AHN, D.U. Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. **Poultry Science**, v.77, 1998, p. 475-480.

KELLY, M. P.; R. F. POWER. Fractionation and identification of the major selenium containing compounds in selenized yeast. **Journal of Dairy Science**, v.78, (Suppl. 1), 1995, p.237.

LI, J. L.; ZHANG, L.; YANG, Z. Y.; ZHANG, Z. Y.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Effects of Different Selenium Sources on Growth Performance, Antioxidant Capacity and Meat Quality of Local Chinese Subei Chickens. **Biological Trace Element Research**, 2017, disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1049-4>, acesso em 15 de dezembro de 2017.

MEDEIROS, L. G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; PINHEIRO, J. W.; SILVA, C. A.; SOARES, A. L.; PISSINATI, M. A. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.3, 2012, p.3361-3370.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. National Academy Press, Washington: D. C., 1994, 83 p.

NAVARRO-ALARCÓN, M., LÓPEZ-MARTÍNEZ, M.C. Essentiality of selenium in the human body: Relationship with different diseases. **Science of the Total Environment**, v.249, 2000, p.347-371.

OLIVEIRA, T. F. B. et al. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, 2014, p.15–22.

PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, v.84, 2005, p.898-902.

PERIĆ, L. et al. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, 2009, p.403-409.

PUERTO, M; OLIVERO, R.; TEREVINTO, A.; SAADOUN, A.; CABRERA, M. C. Dietary Organic and Inorganic Selenium on Liver Glycogen and Lactate, pHu, Color and Drip Loss of Chicken *Pectoralis* and *Gastrocnemius* Muscles. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 6, 2016, p. 59-67.

PUVAČA, N.; STANAČEV, V. Selenium in poultry nutrition and its effect on meat quality, **World's Poultry Science Journal**, v. 67, 2011.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. FEALQ, Piracicaba. 2007.

RASMUSSEN, A.; ANDERSSON, M. New methods for determination of drip loss in pork muscles. **Proc.42nd**, Hildrum&Risvik, Norway. 1996.

ROVER Jr, L.; KUBOTA, L. T.; HÖEHR, N. F. Development of an amperometric biosensor based on glutathione peroxidase immobilized in a **Clinica Chimica Acta**, v. 308, 2001, p. 55-67.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 47, 2003, p.73–112.

SURAI, P. F.; FISININ, V. I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. **Animal Feed Science and Technology**, v.191, 2014, p.1–15.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações basais para os frangos de corte nas diferentes fases de criação.

Ingredientes	1-21d	22-42 d
Milho	57,121	62,542
Farelo de soja	37,018	30,207
Óleo de soja	2,026	3,199
Fosfato bicálcico	1,807	1,870
Calcário	0,148	0,783
Sal comum	0,482	0,482
DL-Metionina	0,238	0,250
L-lisina HCl	0,148	0,234
L-Treonina	0,020	0,080
Premixe Vitamínico ¹	0,100	0,100
Premixe Mineral ²	0,100	0,100
Cloreto de Colina (60%)	0,040	0,040
Salinomicina (12%)	0,050	0,050
Bacitracina de zinco (10%)	0,025	0,025
Inerte*	0,040	0,040
Composição nutricional calculada		
Energia Metabolizável kcal/kg	2961	3100
Proteína Bruta	21,52	19,00
Metionina	0,54	0,53
Met + Cis	0,89	0,84
Lisina	1,28	1,17
Treonina	0,86	0,82
Triptofano	0,26	0,23
Arginina	1,44	1,24
Isoleucina	0,93	0,81
Gli+Ser	2,04	1,78
Sódio	0,21	0,21
Cálcio	0,85	0,85
Fósforo disponível	0,45	0,45
Selênio analisado**, ppm	0,080	0,075

¹Suplementando por kg de ração: Vit. A 12.000 UI, Vit. D3 2400 UI, Vit. E 40 mg, Vit. K 31,8 mg, Vit. B1 2,5 mg, Vit. B2 4,0 mg, Vit. B6 2,0 mg, Vit. B12 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ác. Fólico 1,8 mg. ² Suplementando por kg de ração: Fe 80 mg, Zn 70 mg, Mn 70 mg, I 1 mg, Cu 10 mg. * Caulim: utilizado para inclusão dos tratamentos.

**Analisado por espectrometria de absorção atômica equipado com sistema de gerador de hidretos 77 VGA.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de selênio

Tratamentos	1-21 dias			22-42 dias			1-42 dias		
	GP ¹	CR ²	CA ³	GP	CR	CA	GP	CR	CA
SS	907	126	1,39	2066	3431	1,66	2973	4849	1,63
Se-levedura 3000 ppm	894	124	1,39	2044	3390	1,65	2938	4796	1,63
Se-levedura 2000 ppm	897	127	1,42	2076	3390	1,63	2973	4825	1,62
Se-levedura 3000 ppm + SS	898	128	1,43	2061	3430	1,66	2960	4864	1,64
Média	899	126	1,41	2062	3410	1,65	2961	4834	1,63
CV(%)	3,23	3,04	2,82	2,96	2,35	1,98	2,67	2,28	1,84

¹Ganho de peso (g); ² Consumo de ração (g); ³Conversão alimentar (g/g)

Tabela 3. Rendimento de carcaça e de cortes de acordo com os tratamentos experimentais*

Tratamentos	Carcaça	Peito	Pernas¹	Asas	GA²
SS	78,38	40,10	26,53	9,30	1,11
Se-levedura 3000 ppm	78,50	39,21	26,82	9,40	1,25
Se-levedura 2000 ppm	78,90	40,45	26,58	8,90	1,18
Se-levedura 3000 ppm + SS	78,12	40,45	26,93	9,23	1,17
Média	78,72	39,77	26,72	9,21	1,18
CV (%)	1,73	4,95	5,42	7,12	23,30

¹Pernas: coxa + sobrecoxa; ² GA: gordura abdominal

Tabela 4. Características físico-químicas de peitos de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de selênio

Tratamentos	TBARS ¹ (mgMDA/kg) ²	PPG ³ (%)	pH	Cor objetiva			PPC ⁴ (%)
				L*	a*	b*	
SS	10,66a	7,65	5,91	52,28	5,20	10,75	20,75
Se-levedura 3000 ppm	7,75b	7,18	5,89	50,74	5,23	10,91	22,84
Se-levedura 2000 ppm	7,81b	6,49	5,93	50,83	5,09	10,81	23,00
Se-levedura 3000 ppm + SS	12,09a	6,01	5,97	51,49	4,71	10,65	21,54
Média	9,58	6,83	5,92	51,33	5,06	10,78	22,03
CV (%)	12,80	34,81	2,49	5,74	20,09	16,76	22,21

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls com 5% de significância.

¹TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ²mg MDA/kg: miligramas de dialdeído malônico por quilograma de amostra; ³PPG: perda de peso por gotejamento; ⁴PPC: perda de peso por cozimento

Tabela 5 – Deposição tecidual de selênio e atividade plasmática da glutatona peroxidase em frangos de corte alimentados com diferentes fontes de Se

Tratamentos	Se-Peito (mg/kg)¹	Se-Fígado (mg/kg)¹	GSH-Px² plasma (μmol NADPH/min/mL)
SS	0,045 c	0,307	1,634ab
Se-levedura 3000 ppm	0,107 a	0,334	1,644a
Se-levedura 2000 ppm	0,073 b	0,355	1,637ab
Se-levedura 3000 ppm + SS	0,071 b	0,357	1,588b
Média	0,074	0,338	1,63
CV (%)	19,29	13,69	1,19

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls com 5% de significância.

¹miligramas por quilograma de matéria natural

²GSH-Px: Glutathione peroxidase

ARTIGO 3. Diferentes níveis de selenometionina sobre a qualidade de carne e deposição tecidual de Selênio em suínos em fase de terminação

Vanessa Avelar Silva^{a*}; Antônio Gilberto Bertechini^a;

^aDepartamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 37200-000, MG, Brasil;

*Autor correspondente: Tel.:+5535992268774
E-mail: vanessaavelarzoo@yahoo.com.br (V. A. Silva)

*Artigo redigido conforme normas da revista: “Meat Science” (Versão preliminar)

Resumo

Foram utilizados 64 suínos híbridos machos castrados (PICxPIC) com peso médio de 76 kg, distribuídos em blocos casualizados de acordo com o peso corporal em 8 tratamentos e 8 repetições, sendo cada animal uma parcela experimental. Os tratamentos foram constituídos de dois níveis de Se provenientes do Selenito de Sódio (SS– 0,3 e 0,6 ppm), quatro níveis de Se provenientes da Selenometionina (SM – 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm) e duas combinações de SS com SM (SS 0,15 + SM 0,15 ppm e SS 0,3 + SM 0,3 ppm). As rações foram à base de milho e farelo de soja suplementadas com vitaminas e minerais. Após 30 dias de alojamento, os animais foram submetidos a um jejum de oito horas e pesados, bem como as sobras das rações, para determinação dos índices de desempenho. Os suínos foram encaminhados a um frigorífico comercial onde foram insensibilizados, abatidos e sangrados de acordo com as normas de abate. Foram avaliados o rendimento de carcaça a frio, as características físicoquímicas da carne do lombo e o conteúdo de Se no músculo e no fígado. Não houve diferença significativa para os índices de desempenho, no entanto, houve aumento linear no rendimento de carcaça com aumento do nível dietético de SM. O uso de SM sozinho ou combinado com SS proporcionou maior deposição muscular de Se em relação ao SS. A maior deposição muscular de Se ocorreu para o tratamento SM a 0,4 ppm. O SS proporcionou maior deposição hepática de Se. A utilização do SM apresentou melhores resultados para qualidade de carne em relação ao uso do SS. O nível de 0,4 ppm de Se promoveu os melhores resultados para os índices de amarelo, de luminosidade e de perda de peso por cozimento e pH. A utilização de SM em qualquer nível promove maior estabilidade oxidativa das carnes de suínos. O consumo de 150 gramas de lombo de suínos alimentados com SM ao nível de 0,4ppm atende totalmente as exigências nutricionais de Se para seres humanos adultos.

Palavras-chave: selênio orgânico; qualidade de carne; estabilidade oxidativa

1. Introdução

A função do selênio (Se) mais amplamente conhecida e estudada diz respeito à capacidade deste micromineral de manter o status redox nos organismos animais por meio da ativação da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px). Esta enzima em conjunto com outras enzimas não selenadas como superóxido dismutase e catalase, constituem o sistema primário de defesa antioxidante (Li et al., 2017).

A forma de suplementação de Se para os animais domésticos é objeto de estudo para várias espécies uma vez que vários autores verificaram maior biodisponibilidade das fontes biocomplexadas ou orgânicas, como são conhecidas, em relação à fonte inorgânica comumente utilizada (Cao et al., 2014; Lisiak et al., 2014; Bertechini et al., 2015; Calvo et al., 2017; Dalia et al., 2017). Por apresentar maior biodisponibilidade e maior retenção muscular, as fontes biocomplexadas proporcionam melhores resultados de qualidade de carne de suínos, dentre eles as menores perdas por exsudação, menor perda por cozimento e menores índices de peroxidação lipídica, indicando maior vida útil dessas carnes (Kim et al. 2001; Bobcek et al., 2004; Calvo et al., 2017).

As fontes biocomplexadas de Se são caracterizadas pela substituição do enxofre pelo Se em aminoácidos sulfurados como metionina e cisteína, dando origem à Selenometionina (SM) e Selenocisteína, respectivamente. Segundo Cao et al. 2014, a SM é o principal composto selenado constituinte das Se-leveduras, portanto, acredita-se que os seus benefícios da utilização desse aminoácido selenado na sua forma isolada proporcione ainda mais benefícios sobre os índices de qualidade de carne de suínos, no entanto, não há um consenso sobre os níveis adequados de suplementação para os animais.

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da suplementação dietética da selenometionina em diferentes níveis de inclusão sobre o desempenho,

rendimento de carcaça, características de qualidade de carne e deposição tecidual de Se para suínos em fase de terminação.

2. Material e Métodos

Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais da instituição. O experimento foi conduzido em Lavras, MG, Brasil, localizado a 21° 14' 43 latitude sul e 44° 59' 59 longitude oeste.

2.1. Delineamento e parcelas experimentais

Foram utilizados 64 suínos híbridos machos castrados (PIC x PIC), com peso corporal médio de 76 kg. Os animais foram distribuídos em blocos casualizados, de acordo com o peso corporal, em 8 tratamentos e 8 repetições, sendo um animal por unidade experimental.

Os tratamentos experimentais foram constituídos de dois níveis de Se provenientes do Selenito de Sódio (SS– 0,3 e 0,6 ppm), quatro níveis de Se provenientes da Selenometionina (SM – 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 ppm) e duas combinações de SS com SM (SS 0,15 + SM 0,15 ppm e SS 0,3 + SM 0,3 ppm) fornecendo 0,3 e 0,6 ppm de Se na dieta, respectivamente (Tabela 1).

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações de Rostagno et al., 2017. Os suplementos vitamínico e mineral eram isentos de Se (Tabela 2).

Os suínos foram mantidos em baias individuais com água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental e as temperaturas médias registradas foram 25°C máxima e 16°C mínima.

2.2. Desempenho e coleta de amostras

Após 30 dias de alojamento, os suínos atingiram peso corporal médio de 101.5 ± 6 kg. Foram determinados o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar por dia de cada parcela experimental. Os animais foram submetidos a um jejum de oito horas, pesados e abatidos em um abatedouro comercial. A determinação do rendimento de carcaça a frio e das características físico-químicas da carne do músculo *Longissimus lumborum* foram realizadas 24 horas após o abate. Foram realizadas análises de cor objetiva, pH, perda de peso por gotejamento, perda de peso por cozimento. Amostras de lombo foram congeladas a -18°C por 30 dias e, após descongeladas, foram submetidas à análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para determinação do dialdeído malônico, indicativo indireto da peroxidação lipídica.

2.3. Análise do conteúdo de Selênio

Amostras de músculo e de fígado de cada unidade experimental foram submetidas a pré-secagem em estufa ventilada (55°C) sendo após, secas em estufa a 105°C para determinação do conteúdo de Se. O conteúdo de Se foi quantificado por espectrofotômetro de absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS) usando um tubo de quartzo atomizado (QTA) a 850°C . Um espectrômetro de absorção atômica VARIAN modelo 2000-SpectrAA (Palo Alto, CA) e um gerador de hidreto VGA modelo modelo Varian foram usados para as medições. O reagente redutor foi boro-hidreto de sódio (solução alcalina). A fonte de radiação eletromagnética era uma lâmpada de cátodo oco de selênio (marca Photron), e o comprimento de onda usado foi de 196 nm.

2.4. Avaliação das características físico-químicas da carne

2.4.1. Perda de peso por gotejamento

A PPG foi mensurada de acordo com Rasmussen e Anderson (1996). Foram analisadas duas amostras de 2,5cm³ por parcela, cada cubo foi suspenso por um gancho de aço inoxidável ligado à tampa de um recipiente hermeticamente fechado, de modo que não houve perdas para o ambiente externo e colocadas em geladeira a 4°C. Depois de 48 horas, as amostras foram retiradas do refrigerador e pesadas para o cálculo da PPG, expresso em porcentagem.

2.4.2. Perda de peso por cozimento

A PPC foi mensurada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2014) e as amostras pesadas e envolvidas em papel alumínio sendo a temperatura constantemente monitorada com termômetro durante o cozimento. Após a temperatura externa atingir 85°C, as amostras foram mantidas em chapa elétrica até atingir a temperatura interna de $72 \pm 2^\circ\text{C}$. As amostras de carne cozida foram arrefecidas por 30 minutos até atingir a temperatura ambiente e, então, foram novamente pesadas para determinação da perda de peso por cozimento, expressa em porcentagem.

2.4.3. Cor objetiva

A leitura da cor objetiva foi feita em três pontos de cada amostra do lombo após 30 minutos de exposição ao ar ambiente, usando o colorímetro CM-700d (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan). Os índices de cor foram estabelecidos com iluminante A em um ângulo de 10° para o observador, luz especular excluída (SCE) e sistema de cor CIELAB.

2.4.4. pH

O pH foi mensurado 24 horas após o abate com um potenciômetro Digimed DM-20 usando um eletrodo de perfuração e um dispositivo de calibração de temperatura inserido no músculo *Longissimus lumborum*.

2.4.5 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica da carne do lombo foi mensurada por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com o método descrito por Jo & Ahn (1998). A concentração de TBARS foi expresso em miligramas de dialdeído malônico (MDA) por quilograma de músculo.

2.5. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à ANAVA utilizando o pacote estatístico SAS[®] (2002) e, quando necessário para comparar as médias, foram utilizados teste de Student-Newman-Keuls a 5% de significância para comparação das fontes e teste de regressão a 5% de probabilidade para comparação dos níveis de inclusão.

3. Resultados e Discussão

3.1 Desempenho e rendimento de carcaça

Não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) para os parâmetros de desempenho: consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar independente da fonte de Se utilizada ou do nível dietético.

Para o rendimento de carcaça a frio, não foram observadas diferenças significativas entre as fontes de Se ($p>0,05$), entretanto, foi observado um aumento linear ($p<0,05$) no rendimento de carcaça aumentando-se o nível dietético de Se proveniente da SM (Tabela 3).

De acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2017) para suínos em fase de terminação, as exigências de Se são de 0,210 ppm e 0,095 ppm utilizando-se fontes inorgânica e orgânica, respectivamente. No presente estudo, o nível mínimo de inclusão de Se foi de 0,3 ppm para todas as fontes, portanto, as exigências nutricionais dos animais foram atendidas em todos os tratamentos, justificando a ausência de diferença nos índices de desempenho. Diante desses resultados pode-se inferir também que a utilização de Se até o nível de 0,6 ppm, independente da fonte, aparentemente não oferece risco de toxicidade aos animais, possibilitando sua utilização com intuito de melhorar a qualidade de carne sem que haja prejuízo nos índices zootécnicos.

3.2. *Análise do conteúdo de Selênio*

A deposição de Se no músculo de suínos foi influenciada pela fonte dietética ($p < 0,05$). Os maiores valores de deposição de Se foram observados para a SM e suas combinações, comparado com o SS (Tabela 4). Foi observado que o SS e sua combinação com SM o nível de inclusão que proporcionou maiores valores de deposição de Se foi o de 0,60 ppm, enquanto que, para a SM, o nível que proporcionou maior deposição tecidual de Se foi de 0,40 ppm (Figura 1). A deposição de selênio no músculo *Longissimus lumborum*, com o incremento dos níveis dietéticos para a SM, ocorreu até o nível de 0,4 ppm, sendo que a partir desse nível, não houve modificação significativa nessa deposição.

Esse fato indica que não existe a necessidade de incrementar os níveis dietéticos de Se mais do que 0,4 ppm para se conseguir altos níveis de deposição tecidual nos suínos. Estes resultados são contrários aos resultados encontrados para frangos de corte, onde a inclusão de Se dietético orgânico até o nível de 0,6 ppm promove deposição de Se muscular de forma linear (Oliveira et al., 2014). Não há evidências científicas que

expliquem essa diferença de deposição entre as espécies, visto que as mesmas possuem perfis de fibras musculares diferentes, sendo necessários mais estudos nessa área. Jiang et al. (2017), encontraram maiores valores de deposição de Se em carnes suínas para a fonte biocomplexada utilizando Se-levedura, sendo que o maior valor de deposição foi obtido com o nível de inclusão de 0,5ppm. Lisiak et al. (2014) também verificaram maior deposição de Se muscular utilizando Se-levedura.

A combinação de SS e SM proporcionou os maiores valores ($p < 0,05$) de deposição hepática de Se, seguida pelo SS, sendo que para a fonte orgânica houve menor deposição (Tabela 4). Com relação aos níveis, o uso de 0,6 ppm de selênio da fonte inorgânica e associada a orgânica apresentaram maiores deposições hepáticas ($p < 0,05$) em relação o uso de 0,3 ppm na dieta. Os níveis de SM na dieta também influenciaram a deposição hepática de Se ($p < 0,05$), onde foi observado que o nível de 0,4 ppm proporcionou maior deposição de Se nos fígados dos suínos (Figura 2). Zhan et al., (2007) verificaram que a deposição tecidual de Se segue uma ordem de prioridade, sendo que os tecidos com maior deposição de Se são rim, fígado e músculo, respectivamente. Esta ordem ficou bem evidenciada no presente estudo, uma vez que, deposição hepática de Se foi numericamente maior que a muscular.

3.3. Avaliação das características físico-químicas da carne

Para as características de qualidade de carne foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os níveis e as fontes, bem como a interação entre esses fatores para todas as análises realizadas, conforme apresentado na tabela 5.

3.3.1 Perda de peso por gotejamento

A perda de peso por gotejamento foi influenciada diretamente pela fonte de Se dietética ($p < 0,05$) sendo que a SM proporcionou menores perdas em relação às outras

fontes. Verificou-se que ao nível de 0,30 ppm a SM proporcionou menores valores ($p < 0,05$) de perda por exsudação, comportamento semelhante ao tratamento onde os animais receberam SS, enquanto que para as fontes combinadas de Se, a menor perda exsudativa se deu utilizando-se 0,60ppm.

Os resultados encontrados no presente estudo são contrários aos encontrados por outros autores que não verificaram diferença significativa entre as fontes orgânica e inorgânica para a perda de peso por gotejamento em carnes suínas (Zhan et al., 2007; Svoboda et al., 2011; Lisiak et al., 2014; Calvo et al., 2017 e Jiang et al., 2017). No entanto, para frangos de corte, pode-se perceber comportamento semelhante ao do presente estudo, onde as fontes biocomplexadas promoveram menores perdas por exsudação (Perić et al., 2009; Rajashree et al., 2014).

3.3.2. Perda de peso por cozimento

Foram observados menores índices de perda de peso por cozimento ($p < 0,05$) para o tratamento contendo SM, seguido pela combinação das duas fontes e do SS, respectivamente. Observou-se que para o SS não houve influência ($p > 0,05$) dos níveis dietéticos sobre a perda por cozimento, no entanto, para a SM, a menor perda ($p < 0,05$) foi observada utilizando-se o nível de 0,40 ppm, enquanto que para as fontes combinadas os melhores resultados foram observados utilizando-se o nível de 0,30 ppm.

Os tratamentos contendo SM apresentaram maior deposição tecidual de Se, sugerindo que maiores concentrações deste mineral nas carnes promovem maior ação contra radicais livres e maior preservação da integridade das membranas, sendo que estes resultados corroboram com os encontrados para frangos de corte, onde a fonte biocomplexada se mostra mais eficaz que a inorgânica em preservar a água celular durante o processo de cocção (Oliveira et al., 2014). No entanto, o presente resultado vai contra aos observados por Svoboda et al. (2011) e Lisiak et al. (2014) que não

encontraram diferença significativa entre as fontes de Se para suínos em fase de terminação.

3.3.3. Cor objetiva

Utilizando-se SS, as carnes tiveram maior índice de vermelho ($p < 0,05$) comparado às outras fontes dietéticas, sendo que a utilização do SS sozinho ou combinado com SM, ao nível de 0,60 ppm proporcionou carnes com maior índice de vermelho. De acordo com Jiang et al. (2017), a integridade da estrutura das proteínas musculares pode ser um fator influente para a estabilidade de cor vermelha e esta integridade, por sua vez, está relacionada com o conteúdo de Se muscular e atuação da GSH-Px que são mais evidentes com a utilização de fontes orgânicas de Se. Membranas celulares e proteínas musculares íntegras dificultam a oxidação oximioglobina a metamioglobina, preservando desta forma a cor avermelhada das carnes. O presente resultado não é explicado por esta premissa, uma vez que os maiores índices de vermelho foram observados para os tratamentos contendo SS. Lisiak et al. (2014) não encontraram diferenças entre as fontes de Se para a^* em carnes de suínos, já Calvo et al. (2017) por sua vez, encontraram maiores valores de a^* para a fonte biocomplexadas de Se.

Para o índice de amarelo, verificou-se que a SM proporcionou menores valores ($p < 0,05$) em relação à fonte inorgânica e à combinação das duas fontes, sendo que o menor valor foi proporcionado pelo nível de inclusão dietética de 0,4 ppm. O índice de intensidade amarelo está relacionado com a oxidação de pigmentos de cor, dessa forma, menores valores e de b^* indicam maior preservação das membranas celulares e proteínas musculares. Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que a SM mostrou-se mais efetiva que a fonte SS na potencialização do sistema antioxidante.

As carnes dos suínos alimentados com SM apresentaram menores índices de luminosidade em relação às demais fontes ($p < 0,05$), sendo que o nível dietético que apresentou menores valores para luminosidade foi o de 0,40 ppm utilizando-se a SM, já para os outros tratamentos o nível que proporcionou menores valores de L^* foi o de 0,60 ppm. Lisiak et al. (2014) não verificaram diferenças entre as fontes de Se para a luminosidade da carne de suínos. Por sua vez, Jiang et al. (2017) encontraram menores valores de L^* para carnes de animais alimentados com Se biocomplexado, resultados que corroboram com o presente trabalho. Esses mesmos autores sugerem que carnes com maiores valores de perda por gotejamento e maior capacidade de retenção de água tendem a proporcionar carnes mais pálidas.

3.3.4. pH

Para o pH, foi observado que o SS proporcionou menores valores ($p < 0,05$) em relação à SM e à fonte combinada biocomplexada e inorgânica. Quanto ao efeito dos níveis, verificou-se um efeito quadrático, onde o nível de 0,40 ppm proporcionou maiores valores de pH nas carnes de lombo.

Alguns autores verificaram uma correlação inversa entre os valores de pH das carnes e os valores de perda por gotejamento, demonstrando que à medida que os valores de pH das carnes aumentam, a perda por exsudação diminui de maneira linear principalmente para carnes de suínos alimentados com fontes biocomplexadas de Se (Fischer et al., 2007; Calvo et al., 2017). Esses resultados estão de acordo com os obtidos no presente estudo, onde a SM ao nível de 0,4 ppm proporcionou o maior valor de pH e o menor valor de perda por gotejamento. O baixo pH diminui a capacidade de ligação das proteínas musculares a água, bem como reduz a repulsão eletrostática negativa entre os filamentos e, assim, diminui os espaços entre eles e causa encolhimento de miofibrilas (Den Hertog-Meischke et al.1997, citado por Calvo et al.,

2017). Não há evidências científicas suficientes para explicar esta relação, no entanto, Calvo et al. (2017) sugerem que as calpaínas são particularmente susceptíveis à inativação pelo pH muscular, necessitando de um pH elevado o suficiente para sua atuação. A calpaína é uma protease de cisteínas, portanto, a manutenção do equilíbrio de sua atividade é importante tanto para a redução das perdas por gotejamento, quanto para o equilíbrio antioxidante, visto que a selenocisteína é componente ativo da GSH-Px.

3.3.5. Oxidação lipídica

O índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico também foi influenciado pela fonte de Se ($p < 0,05$). Observou-se que a SM proporcionou menores valores de MDA/kg de carne, independentemente do nível de inclusão, sugerindo que a fonte orgânica promove maior estabilidade oxidativa das carnes. Em virtude de sua maior deposição muscular em relação à fonte inorgânica, a SM pode ter otimizado a ação da GSH-Px, uma vez que a selenometionina convertida em selenocisteína é o principal componente desta enzima. Além disso, a selenometionina é capaz de combater uma variedade de biomoléculas, entre elas o peroxinitrito oxidante advindo da reação do óxido nítrico com o superóxido, importante agente oxidante de DNA e proteínas (Padmaja et al., 1996; Calvo et al., 2017). Estes resultados corroboram com Zhan et al., (2007) e Calvo et al. (2017) que verificaram menores valores de MDA/kg de carne suína, utilizando SM e Se-levedura, respectivamente, quando comparados aos resultados com SS.

4. Conclusões

A fonte de selênio não interfere no rendimento de carcaça de suínos machos castrados, no entanto, a utilização da selenometionina nos níveis de 0,30 a 0,60 ppm,

proporciona aumento linear no rendimento de carcaça de suínos com o incremento dietético.

A utilização de SM sozinha ou combinada com SS na dieta de suínos em fase de terminação promove maior deposição muscular de Se em relação ao selenito de sódio.

A utilização de SM ao nível de 0,4 ppm promove melhores características físico-químicas na carne de suínos e maior deposição muscular de Se. O consumo de 150 gramas de lombo de suínos alimentados com ração contendo 0,4 ppm de SM por 30 dias pré-abate, promove a ingestão de 67,5 µg de Se, atendendo totalmente as recomendações nutricionais para seres humanos adultos, preconizada pelo *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board* (2000).

Referências

- Bertechini, A. G.; Silva, V. A.; Figueiredo, F. M. and Oliveira, T. F. B. (2015) Egg and poultry meat enrichment of selenium. in Bañuelos et al, *Global advances in Selenium research from theory to application: Proceedings of the 4th International Conference on Selenium in the Environment and Human Health*, São Paulo, SP.
- Bobcek B., Lahucky R., Mrazova J., Bobcek R., Novotna K., Vasicek D. (2004). Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. *Czech Journal of Animal Science* 49:411–417.
- Calvo, L., Toldrá, F., Rodríguez, A. I., López-Bote, C., Rey, A. I. (2017) Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. *Food Science and Nutrition*. 5:94-102.
- Cao, J., Fucun, G.; Liying, Z.; Bing, D.; Limin, G. (2014) Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status,

plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 5:46.

Dalia, A. M., Loh, T. C., Sazili, A. Q., Jahromi, M. F., Samsudin, A. A. (2017). The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and Selenoproteins gene expression in broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 13:254

Den Hertog-Meischke, M. J. A., Laack, R. J. L. M. van, Smulders, F. J. M. (1997). The water-holding capacity of fresh meat. *The Veterinary Quarterly*, 19:175–181.

Fischer K. (2007) Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124:12–18.

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board (2000) Dietary Reference Intakes: Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. *National Academy Press*, Washington, DC, 2000

Jiang, J., Tang, X., Xue, Y., Lin, G., Xiong, Y. L. (2017) Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Science*, [https://doi: 10.1016/j.meatsci.2017.03.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.014)

Jo, C., Ahn, D. U. (1998). Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. *Poultry Science*. 77:475–480.

Kim, Y.Y., Mahan, D.C. (2001) Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 79:942-948.

Li, J. L., Zhang, L., Yang, Z. Y., Zhang, Z. Y., Jiang, Y., Gao, F., Zhou, G. H. (2017) Effects of Different Selenium Sources on Growth Performance, Antioxidant Capacity and Meat Quality of Local Chinese Subei Chickens. *Biological Trace Element Research*. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1049-4>

Lisiak D., Janiszewski P., Blicharski T., Borzuta K., Grzeslowski E., Lisiak B., et al. (2014) Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and

physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science* 14:213–222.

- Oliveira, T. F. B., Rivera, D. F. R., Mesquita, F. R.; Braga, H.; Ramos, E. M. and Bertechini, A. G. (2014) Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*.23:15–22.
- Padmaja S., Squadrito G. L., Lemercier J. N., Cueto R., and Pryor W. A. (1996) Rapid oxidation of DL-selenomethionine by peroxy nitrite. *Free Radical Biology and Medicine*. 21:317–322.
- Perić, L., Milošević, N., Žikić, D., Kanački, Z., Džinić, N., Nollet, L. and Spring, P. (2009) Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*.18:403-409.
- Rasmussen, A. and Anderson, M. (1996) New methods for determination of drip loss in pork muscles. In: *International Congress of Meat Science and Technology*, Lillehammer 42:286-287.
- Rajashree K.; Muthukumar T. and Karthikeyan N. (2014) Influence of inorganic and organic selenium sources on broiler performance and meat quality. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4:151-157.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T; Hannas, M.I. et al. (2017). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*.4 ed. Viçosa, MG: UFV, 488p.
- Svoboda, M., Fajt, Z., Banoch, T., Saláková, A., Drábek, J. (2011). The effects of selenium proteinate on tissue selenium and meat quality traits in finishing pigs. *Polish Journal of Veterinary Science*.14:147-148.
- Zhan, X. A.; Wang, M.; Zhao, R. Q.; Li, W. F. ; Xu, Z. R. (2007) Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*.132:202–211.

Tabela 1 - Tratamentos experimentais*

T1	Controle: SS ¹ - 0,3 ppm
T2	SS - 0,6 ppm
T3	SM ² - 0,3 ppm
T4	SM - 0,4 ppm
T5	SM - 0,5 ppm
T6	SM - 0,6 ppm
T7	SM - 0,15 ppm + SS - 0,15 ppm
T8	SM - 0,30 ppm + SS - 0,30 ppm

¹SS - Selenito de sódio (45,7% de Se)

²SM – Selenometionina (1600 ppm de Se)

Tabela 2. Composição percentual e nutricional da ração basal para suínos em fase de terminação

Ingredientes	%
Milho	79,86
Farelo de soja	16,00
Óleo de soja	1,50
Fosfato bicálcico	1,20
Calcário calcítico	0,50
Sal comum	0,40
DL-Metionina, 99%	0,10
L-lisina HCl, 99% (79%)	0,15
L-Treonina, 98%	0,05
Premixe Vitamínico ¹	0,10
Premixe Mineral ²	0,10
Inerte*	0,04
Composição nutricional calculada	
Energia Metabolizável kcal/kg	3275
Proteína Bruta	11,90
Metionina digestível	0,30
Met + Cis digestível	0,51
Lisina digestível	0,69
Treonina digestível	0,48
Triptofanodigestível	0,13
Arginina digestível	0,76
Isoleucina digestível	0,48
Sódio	0,16
Cálcio	0,55
Fósforo disponível	0,24
Selênio analisado*, ppm (média)	0,09

¹Suplementando por kg de ração: Vit. A 3000 IU, Vit. D3 600 IU, Vit. E 10 UI, Vit. K 3 0,9 mg, Vit. B10,4 mg, Vit. B2 1,9 mg, Vit. B6 4,0 mg, Vit. B12 7 µg, Niacina 10 mg, Ácido Fólico 0,25 mg.

²Suplementando por kg de ração: Fe 40mg, Zn 55mg, Mn 25g, I 0,9 mg, Cu 7 mg.

³Caulim: utilizado para inclusão dos tratamentos.

* Analisado por espectrometria de absorção atômica equipado com sistema de gerador de hidretos 77 VGA.

Tabela 3. Efeito de fontes de selênio e seus níveis dietéticos sobre os índices de desempenho e rendimento de carcaça de suínos machos castrados em fase de terminação*

	Fontes	Média	Níveis				Efeito ¹	Equação	r ²
			0,3	0,4	0,5	0,6			
Consumo de ração (kg/dia)	SS	3,13	3,06			3,21	NS		
	SM	3,18	3,19	3,21	3,06	3,27			
	SM+SS	3,27	3,26			3,28			
	CV(%)	6,22							
	Média Geral	3,19							
Ganho de peso (kg/dia)	SS	1,06	1,06			1,07	NS		
	SM	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01			
	SM+SS	1,05	1,08			1,02			
	CV(%)	8,78							
	Média Geral	1,03							
Conversão alimentar (kg/kg)	SS	2,94	2,87			3,02	NS		
	SM	3,17	3,16	3,19	3,02	3,25			
	SM+SS	3,12	3,02			3,21			
	CV(%)	9,27							
	Média Geral	3,09							
Rendimento de carcaça (%)	SS	76,82	76,47			77,17	**	y=5,34x+75,02	0,96
	SM	77,43	76,68	77,01	77,85	78,18			
	SM+SS	76,83	75,92B			77,75A			
	CV(%)	0,82							
	Média Geral	77,13							

*Médias seguidas por letras diferentes em maiúsculo na linha e em minúsculo na coluna diferem entre si pelo teste Student Newman Keuls ao nível de 5% de significância.

¹Efeito: **Linear; NS: Não significativo

Tabela 4. Efeito de fontes de selênio e seus níveis dietéticos sobre os índices de deposição muscular e hepática de suínos machos castrados em fase de terminação, com base na matéria natural*

	Fontes	Média	Níveis				Efeito ¹	Equação	R ²
			0,3	0,4	0,5	0,6			
Deposição de Se no lombo (mg/kg)	SS	0,301a	0,271B			0,330A			
	SM	0,421b	0,383	0,450	0,433	0,439	**	$y=-1,52x^2+1,52x+0,06$	0,78
	SM+SS	0,419c	0,365B			0,473A			
	CV(%)	7,09							
	Média Geral	0,391							
Deposição de Se hepático (mg/kg)	SS	0,478c	0,446B			0,509A			
	SM	0,534b	0,435	0,617	0,610	0,472	**	$y=-8x^2+7,30x-1,03$	0,99
	SM+SS	0,612a	0,584B			0,640A			
	CV(%)	4,60							
	Média Geral	0,539							

*Médias seguidas por letras diferentes em maiúsculo na linha e em minúsculo na coluna diferem entre si pelo teste Student Newman Keuls ao nível de 5% de significância.

¹Efeito: **Quadrático; NS: Não significativo

Tabela 4. Efeito de fontes de selênio e seus níveis dietéticos sobre as características físico-químicas da carne do lombo e rendimento de carcaça de suínos machos castrados em fase de terminação*

	Fontes	Média	Níveis				Efeito ¹	Equação	R ²
			0,3	0,4	0,5	0,6			
Índice de Vermelho (a*)	SS	9,55a	9,14B		9,96A				
	SM	8,88b	9,55	8,34	8,62	8,99	**	y=39,5x ² -36,95x+17,01	0,88
	SM+SS	9,09b	8,52B		9,66A				
	CV(%)	3,11							
	Média Geral	9,10							
Índice de Amarelo (b*)	SS	11,92b	12,42A		11,43B				
	SM	10,84c	11,69	9,82	10,81	11,06	**	y=53x ² -48,6x+21,32	0,64
	SM+SS	12,23a	12,19		12,28				
	CV(%)	1,84							
	Média Geral	11,46							
Índice de Luminosidade (L*)	SS	48,90a	50,48A		47,33B				
	SM	47,54b	49,46	46,38	47,41	46,90	**	y=64,25x ² -64,47x+62,73	0,70
	SM+SS	48,51a	49,59A		47,43B				
	CV(%)	1,21							
	Média Geral	48,12							
pH	SS	6,02c	6,05		5,98				
	SM	6,41a	6,39	6,50	6,41	6,34	**	y=-4,5x ² +3,81x+5,66	0,81
	SM+SS	6,31b	6,32		6,31				
	CV(%)	0,76							

	Média Geral	6,29								
Perda por gotejamento (%)	SS	1,72b	1,44B			2,00A				
	SM	1,32c	0,88	1,56	1,41	1,42	**	$y=16,75x^2+16,54x-2,52$	0,81	
	SM+SS	1,85a	2,11 A			1,60B				
	CV(%)	5,00								
	Média Geral	1,55								
Perda por cozimento (%)	SS	29,31a	29,03			29,6				
	SM	24,95b	30,07	22,16	24,84	22,74	**	$y=145,25x^2-150,04x+61,24$	0,69	
	SM+SS	26,78c	25,19B			28,38A				
	CV(%)	2,64								
	Média Geral	26,50								
TBARS (MDA/kg)	SS	0,36a	0,47A			0,25B				
	SM	0,24b	0,24	0,24	0,26	0,24	NS			
	SM+SS	0,31c	0,28B			0,34A				
	CV(%)	4,62								
	Média Geral	0,29								

*Médias seguidas por letras diferentes em maiúsculo na linha e em minúsculo na coluna diferem entre si pelo teste Student Newman Keuls ao nível de 5% de significância.

¹Efeito: **Quadrático; NS: Não significativo

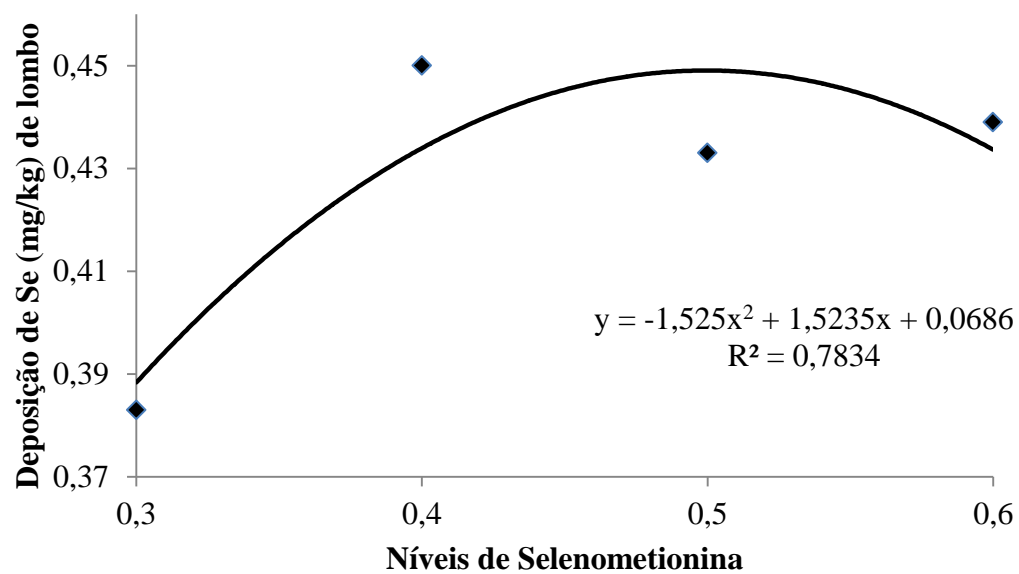


Figura 1. Deposição de Se no músculo de suínos machos castrados em fase de terminação alimentados com diferentes níveis de selenometionina com base na matéria natural.

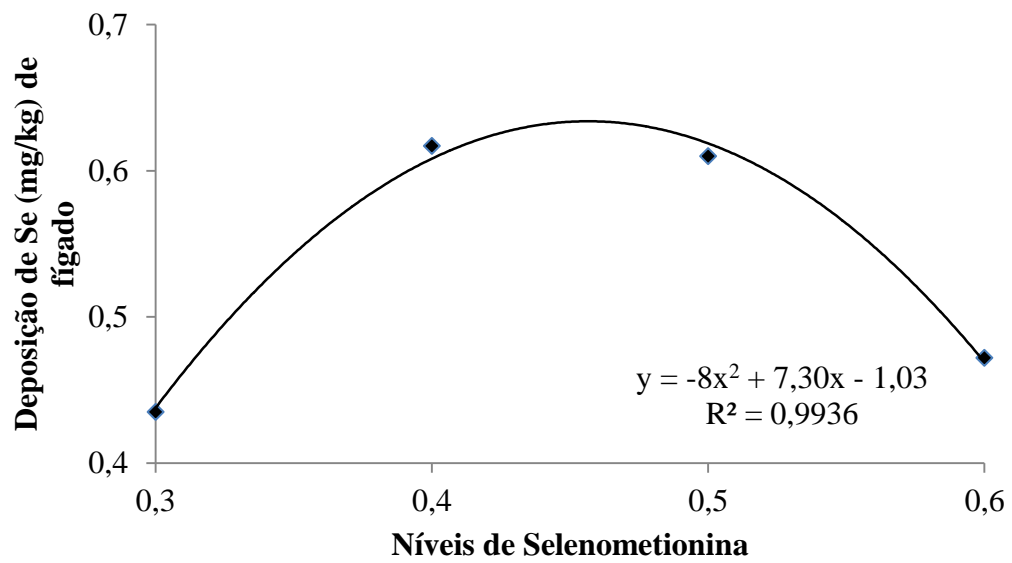


Figura 2. Deposição de Se no fígado de suínos machos castrados em fase de terminação, alimentados com diferentes níveis de selenometionina, com base na matéria natural.