



LEVANTAMENTO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS NA SUINOCULTURA

Apresentação: Comunicação Oral

Pedro Lucas de Lima Silva ¹; João Pedro Cesário Félix².

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0155>

RESUMO

A suinocultura moderna enfrenta uma complexa encruzilhada, onde a viabilidade econômica e a eficiência alimentar devem coexistir com os imperativos da sustentabilidade ambiental. A persistente alta e a volatilidade dos preços de ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja, têm exercido uma pressão considerável sobre as margens de lucro dos produtores, impulsionando a busca por alternativas inovadoras e economicamente competitivas na formulação de rações. Essa procura transcende a mera substituição de nutrientes, estendendo-se à otimização do uso de recursos e à minimização da pegada ecológica da atividade pecuária. Nesse contexto, a exploração de subprodutos da agroindústria ganha proeminência. Resíduos que antes eram descartados, como o grão seco de destilaria com solúveis (DDGS), o farelo de arroz, o bagaço de malte da indústria cervejeira e a glicerina bruta da produção de biodiesel, estão sendo reavaliados como valiosas fontes de energia, proteína e fibra. Paralelamente, o setor testemunha o surgimento de novas tendências impulsionadas pela biotecnologia e pela visão de economia circular. A farinha de insetos (especialmente larvas de *Hermetia illucens*) destaca-se por seu alto valor proteico e potenciais benefícios à saúde intestinal. Similarmente, coprodutos de frutas e vegetais, ricos em fibras e compostos bioativos, e a biomassa de microalgas, promissoras fontes de proteína e ácidos graxos ômega-3, são intensamente pesquisados por seu potencial nutricional e funcional, alinhando-se aos princípios de uma produção mais responsável. Contudo, a adoção em larga escala desses ingredientes exige a aplicação de tecnologias de processamento avançadas, como extrusão e biotransformação, para melhorar a digestibilidade e inativar fatores antinutricionais. Além disso, é crucial considerar os aspectos regulatórios – que estão em constante evolução – e a aceitação pelo mercado e pelo consumidor, que demanda transparência e rastreabilidade. Este trabalho aprofunda-se nessas tendências, explorando seu valor nutricional, tecnologias de processamento e os desafios inerentes à sua inserção, visando subsidiar decisões estratégicas para uma suinocultura mais eficiente, competitiva e intrinsecamente sustentável.

Palavras-Chave: Suinocultura, Subprodutos agroindustriais, Farinha de insetos, Microalgas, Regulação alimentar.

RESUMEN

La producción porcina moderna se encuentra en una compleja encrucijada, donde la viabilidad económica y la eficiencia alimentaria deben coexistir con los imperativos de la sostenibilidad ambiental. La persistente alza y volatilidad de los precios de ingredientes convencionales, como el maíz y la harina de soja, han ejercido una presión considerable sobre los márgenes de beneficio de los productores, impulsando la búsqueda de alternativas innovadoras y económicamente competitivas en la formulación de piensos. Esta búsqueda trasciende la mera sustitución de nutrientes, extendiéndose a la optimización del uso de recursos y a la

¹ Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, pedrolucpl25@gmail.com

² Mestrando em Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal da Paraíba, cesariojoaopedro5@gmail.com

minimización de la huella ecológica de la actividad pecuaria. En este contexto, la exploración de subproductos agroindustriales cobra gran importancia. Residuos que antes se descartaban, como el grano seco de destilería con solubles (DDGS), el salvado de arroz, el bagazo de malta de la industria cervecera y la glicerina bruta de la producción de biodiésel, están siendo reevaluados como valiosas fuentes de energía, proteína y fibra. Paralelamente, el sector es testigo del surgimiento de nuevas tendencias impulsadas por la biotecnología y la visión de la economía circular. La harina de insectos (especialmente larvas de *Hermetia illucens*) destaca por su alto valor proteico y sus potenciales beneficios para la salud intestinal. De manera similar, los coproductos de frutas y verduras, ricos en fibra y compuestos bioactivos, y la biomasa de microalgas, prometedoras fuentes de proteína y ácidos grasos omega-3, son intensamente investigados por su potencial nutricional y funcional, alineándose con los principios de una producción más responsable. Sin embargo, la adopción a gran escala de estos ingredientes exige la aplicación de tecnologías de procesamiento avanzadas, como la extrusión y la biotransformación, para mejorar la digestibilidad e inactivar factores antinutricionales. Además, es crucial considerar los aspectos regulatorios –que están en constante evolución– y la aceptación por parte del mercado y el consumidor, que demandan transparencia y trazabilidad. Este trabajo profundiza en estas tendencias, explorando su valor nutricional, tecnologías de procesamiento y los desafíos inherentes a su inserción, con el objetivo de subsidiar decisiones estratégicas para una producción porcina más eficiente, competitiva e intrínsecamente sostenible.

Palabras Clave: Suinocultura, Subproductos agroindustriales, Harina de insectos, Microalgas, Regulación alimentaria.

ABSTRACT

Modern swine farming faces complex challenges, balancing economic viability and feeding efficiency with the imperative of environmental sustainability. The persistent high and volatile prices of conventional ingredients like corn and soybean meal have squeezed producers' profit margins, driving the urgent search for innovative and economically competitive alternatives in feed formulation. This quest isn't just about nutrient substitution; it's also about optimizing resource utilization and minimizing the industry's ecological footprint. In this context, valorizing agro-industrial by-products has become prominent. What were once discarded residues, such as distillers dried grains with solubles (DDGS), rice bran, brewer's spent grain, and crude glycerin from biodiesel production, are now being re-evaluated as valuable sources of energy, protein, and fiber. Simultaneously, the sector is seeing new trends emerge, fueled by biotechnology and a circular economy mindset. Insect meal (especially *Hermetia illucens* larvae) stands out for its high protein value and potential gut health benefits. Similarly, fruit and vegetable co-products, rich in fiber and bioactive compounds, and microalgae biomass, promising sources of protein and omega-3 fatty acids, are being intensively researched for their nutritional and functional potential, aligning with more responsible production principles. However, widespread adoption of these ingredients hinges on advanced processing technologies like extrusion and biotransformation (solid/liquid fermentation) to improve digestibility and inactivate anti-nutritional factors. Furthermore, crucial considerations include evolving regulatory aspects and market/consumer acceptance, which demand transparency and traceability. This work delves into these trends, exploring their nutritional value, processing technologies, and inherent integration challenges, aiming to inform strategic decisions for a more efficient, competitive, and sustainable swine industry.

Keywords: Pig farming, Agro-industrial by-products, Insect meal, Microalgae, Food regulation

INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna enfrenta um cenário de desafios complexos, onde a viabilidade econômica está intrinsecamente ligada à eficiência alimentar e à sustentabilidade dos sistemas de produção (Rostagno et al., 2017; NRC, 2012). A escalada contínua nos preços de ingredientes tradicionais, como milho e farelo de soja, impulsionada por flutuações de mercado, eventos climáticos e demandas globais, tem pressionado as margens de lucro dos produtores e acentuado a urgência em buscar alternativas inovadoras e economicamente competitivas para a formulação de rações suínas (Stein et al., 2016). Essa busca não se restringe apenas à substituição direta de nutrientes, mas se estende à otimização do aproveitamento de recursos e à minimização do impacto ambiental da atividade.

Nesse contexto, a exploração de subprodutos da agroindústria ganha destaque significativo. Resíduos que antes eram vistos como dejetos, como o grão seco de destilaria com solúveis (DDGS), o farelo de arroz, os resíduos da indústria cervejeira (bagaço de malte) e a glicerina bruta da produção de biodiesel, estão sendo reavaliados e incorporados como valiosas fontes de energia, proteína e fibra (Urriola & Stein, 2010; Lammers et al., 2010; Wang et al., 2014). A capacidade desses ingredientes de fornecer nutrientes essenciais a custos mais acessíveis é crucial para a sustentabilidade econômica da suinocultura.

Além dos coprodutos mais estabelecidos, o setor está testemunhando o surgimento de novas tendências em ingredientes alimentares, impulsionadas pela biotecnologia e por uma visão de economia circular. A farinha de insetos, em particular as larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), destaca-se como uma fonte proteica de alta qualidade e com um perfil de aminoácidos favorável, que pode reduzir a dependência de fontes proteicas convencionais e oferecer benefícios funcionais, como a modulação da saúde intestinal (Gasco et al., 2018; Schlegel et al., 2021; Wu et al., 2023). Da mesma forma, coprodutos de frutas e vegetais, ricos em fibras e compostos bioativos, e a biomassa de microalgas, promissoras fontes de proteína e ácidos graxos ômega-3, estão sendo intensivamente pesquisados por seu potencial nutricional e funcional, alinhados com os princípios de uma produção mais sustentável (Liu et al., 2020; Tang et al., 2023; Van Dyck et al., 2020; Miladinović et al., 2022).

Contudo, a simples disponibilidade desses ingredientes não garante sua eficácia. A variabilidade na composição nutricional e a presença de fatores antinutricionais (FANs), como a quitina, taninos, ou elevada fibra indigestível, exigem a aplicação de tecnologias de processamento e tratamento avançadas. Métodos como a extrusão, a fermentação em estado sólido ou líquido e a purificação são fundamentais para melhorar a digestibilidade, inativar substâncias indesejáveis, aumentar a palatabilidade e prolongar a vida útil dos ingredientes, maximizando seu valor e segurança

para os suínos (Liu et al., 2011; Kim et al., 2022; Xie et al., 2023).

Adicionalmente, a adoção em larga escala dessas alternativas é intrinsecamente ligada a aspectos regulatórios e à aceitação pelo mercado e consumidor. A evolução das legislações nacionais e internacionais para a permissão e uso desses novos ingredientes, bem como a percepção e confiança do consumidor na qualidade e segurança da carne de animais alimentados com essas fontes, são cruciais para a sua viabilidade comercial (Schlegel et al., 2021; Verbeke et al., 2015).

Neste trabalho, será realizado um levantamento aprofundado do potencial dessas novas tendências de alternativas alimentares para suínos, abordando não apenas o valor nutricional e os benefícios funcionais dos ingredientes emergentes, mas também as tecnologias de processamento necessárias para otimizar seu uso, bem como os desafios e perspectivas relacionados à sua inserção no mercado e ao arcabouço regulatório. O objetivo é fornecer uma visão abrangente que subsidie decisões estratégicas para uma suinocultura mais eficiente, competitiva e sustentável.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi um levantamento e revisão bibliográfica abrangente com o objetivo de identificar e analisar o potencial de novas tendências em ingredientes alternativos para a alimentação de suínos. A pesquisa foi conduzida com base em um critério temporal específico, abrangendo publicações científicas e documentos regulatórios entre os anos de 2010 e 2025, visando assegurar a relevância e a atualidade das informações coletadas.

A estratégia de busca bibliográfica envolveu a consulta a diversas bases de dados científicas reconhecidas internacionalmente, incluindo, mas não se limitando a, PubMed, ScienceDirect, Scopus, Web of Science e Google Scholar. Foram utilizadas combinações de palavras-chave em português e inglês, como "ingredientes alternativos suínos", "subprodutos alimentação animal", "nutrição de suínos sustentável", "farinha de insetos suínos", "coprodutos de frutas e vegetais suínos", "microalgas suínos", "glicerina bruta suínos", "DDGS suínos", "bagaço de malte suínos", "tecnologias de processamento rações", "regulamentação ingredientes rações" e "aceitação consumidor alimentos alternativos".

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Farinha de Insetos (Larvas de *Hermetia illucens*)

A farinha de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*, HILM) emergiu como uma das alternativas proteicas mais promissoras e intensamente estudadas na nutrição animal, particularmente para suínos, em resposta aos crescentes custos e à pressão por sustentabilidade na produção de rações.

Pesquisas de Gasco et al. (2018) e Schlegel et al. (2021) demonstraram consistentemente que a HILM pode ser uma fonte de proteína de alta qualidade, apresentando um perfil de aminoácidos essenciais favorável, frequentemente comparável ao do farelo de soja, e uma alta digestibilidade de nutrientes (Newton et al., 2021; Wang and Kim, 2020). Uma meta-análise abrangente realizada por Wu et al. (2023) solidificou esses achados, confirmando que a inclusão de HILM em dietas de suínos em crescimento e terminação não compromete o desempenho, e em muitos casos, pode até mesmo otimizar a digestibilidade de proteínas e energia, além de melhorar a saúde intestinal.

Além de seu valor nutricional intrínseco, a HILM é reconhecida por seus benefícios funcionais no trato gastrointestinal dos suínos. Componentes como a quitina, principal constituinte do exoesqueleto dos insetos, e os ácidos graxos de cadeia média (AGCM), como o ácido láurico (C12:0), presentes na gordura das larvas, podem atuar como prebióticos e antimicrobianos, respectivamente (Liu et al., 2017; Biasato et al., 2018; Hanczakowska et al., 2020). A quitina, por exemplo, pode estimular o crescimento de bactérias benéficas no intestino e modular a resposta imune dos animais (Biasato et al., 2018). Os AGCMs demonstraram propriedades antibacterianas, contribuindo para a saúde intestinal e a redução da necessidade de antibióticos promotores de crescimento (Schiavone et al., 2017).

A sustentabilidade é um pilar fundamental para o crescente interesse na HILM. Sprangers et al. (2017) e Devries et al. (2020) destacaram a notável versatilidade das larvas de *Hermetia illucens* em converter uma ampla gama de resíduos orgânicos (como subprodutos agrícolas, resíduos alimentares e esterco) em biomassa proteica e lipídica de alto valor biológico. Esse processo não apenas cria um ingrediente alimentar, mas também contribui significativamente para a economia circular, reduzindo o descarte de resíduos e minimizando a pegada ambiental da produção de rações (Callegaro et al., 2020; Meneguz et al., 2018). Além disso, a produção de insetos demanda menos terra e água em comparação com as culturas tradicionais, o que aumenta seu apelo ambiental (Renna et al., 2017).

Apesar do otimismo, a incorporação em larga escala da HILM enfrenta desafios. A produção em escala industrial competitiva ainda é um obstáculo, embora avanços tecnológicos estejam rapidamente reduzindo os custos (Callegaro et al., 2020). A padronização da composição nutricional da farinha de insetos é outro ponto crítico, pois pode variar significativamente dependendo do substrato de criação das larvas, o que exige um controle de qualidade rigoroso e modelos de formulação mais adaptáveis (Renna et al., 2017).

O arcabouço regulatório também está em constante evolução em diferentes regiões, sendo fundamental para permitir o uso comercial da HILM (Schlegel et al., 2021). No entanto, o ritmo acelerado das pesquisas e os investimentos em tecnologia sugerem que o futuro da farinha de insetos na nutrição suína é extremamente promissor, consolidando-a como uma alternativa viável e sustentável.

Coprodutos de Frutas e Vegetais

O volume expressivo de resíduos gerados anualmente pelo processamento de frutas e vegetais representa uma fonte abundante e ainda subutilizada de nutrientes com vasto potencial para serem reciclados na alimentação animal (Mirzaei-Aghsaghali et al., 2011; Ayadi et al., 2023). Esses

coprodutos são frequentemente ricos em fibras dietéticas, como pectinas e celulose, além de serem fontes significativas de vitaminas, minerais e, notavelmente, em compostos bioativos como polifenóis, flavonoides, carotenoides e licopeno (Liu et al., 2020; Tang et al., 2023; Wang et al., 2022).

Tais compostos podem atuar como antioxidantes, prebióticos e até mesmo como agentes imunomoduladores, conferindo benefícios substanciais à saúde intestinal e ao sistema imune dos suínos, além de potencialmente reduzir a necessidade de aditivos sintéticos nas rações (Luo et al., 2018; Yang et al., 2019). Esses efeitos positivos contribuem para a melhora da integridade da mucosa intestinal, a modulação da microbiota benéfica e a redução de processos inflamatórios, promovendo um estado geral de maior resistência a doença.

A polpa de tomate, um subproduto da indústria de processamento de tomate, é rica em fibra e licopeno, um potente antioxidante. Liu et al. (2020) investigaram a inclusão de polpa de tomate em dietas para suínos em crescimento, observando melhorias na capacidade antioxidante dos animais e uma modulação positiva da microbiota intestinal, o que pode favorecer a digestão e a absorção de nutrientes. O uso desse coproduto não só valoriza um resíduo, mas também pode oferecer benefícios funcionais.

O bagaço de uva, remanescente da produção de vinho e sucos, é uma fonte concentrada de fibra e, principalmente, de polifenóis, que possuem forte atividade antioxidante. Tang et al. (2023) exploraram o bagaço de uva em dietas para suínos e encontraram melhorias na saúde intestinal, bem como um potencial impacto positivo na qualidade da carne, devido à ação antioxidante que pode reduzir a oxidação lipídica. A incorporação do bagaço de uva contribui diretamente para a economia circular da indústria vitivinícola.

Diversos outros estudos têm avaliado a incorporação de uma gama variada de coprodutos de frutas e vegetais em dietas suínas. Liu et al. (2016) investigaram resíduos de batata, enquanto Wang et al. (2022) se concentraram em coprodutos de cenoura, observando seus potenciais benefícios como fontes de fibra e compostos bioativos. Resíduos de frutas cítricas, estudados por Luo et al. (2018), também se destacam pelo teor de fibra e antioxidantes.

Embora o alto teor de umidade e a variabilidade nutricional sejam desafios logísticos e de formulação, o processamento (como secagem, ensilagem, peletização ou fermentação) pode aumentar sua estabilidade, reduzir a carga microbiana e melhorar seu valor nutricional e a palatabilidade, transformando-os em ingredientes funcionais com potencial para reduzir o uso de aditivos sintéticos e custos de ração (Mirzaei-Aghsaghali et al., 2011; Ayadi et al., 2023). Além disso, esses tratamentos tecnológicos favorecem a conservação e o transporte dos coprodutos agroindustriais, ampliando sua aplicabilidade na nutrição animal de forma mais segura, eficiente e sustentável, contribuindo para

sistemas de produção com menor impacto ambiental.

Apesar dos desafios relacionados ao alto teor de umidade e à variabilidade nutricional, o avanço em técnicas de processamento, como secagem, ensilagem e fermentação, tem mostrado eficácia em aumentar a estabilidade, segurança e palatabilidade desses ingredientes. Dessa forma, a utilização estratégica dos coprodutos de frutas e vegetais configura-se como uma abordagem promissora para a nutrição animal sustentável, com impacto positivo tanto econômico quanto ambiental, alinhada às demandas por sistemas produtivos mais responsáveis e eficientes.

Biomassa de Microalgas

As microalgas representam uma fronteira de pesquisa para a produção sustentável de ingredientes nutricionais para rações, destacando-se como fontes promissoras de proteína de alto valor biológico e, especialmente, de ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa, como o ácido eicosapentaenoico (EPA) e o ácido docosahexaenoico (DHA), que são cruciais para o desenvolvimento cerebral, saúde reprodutiva e imunidade dos suínos (Van Dyck et al., 2020; Miladinović et al., 2022; Gatrell et al., 2014). Espécies como *Schizochytrium* sp., rica em DHA, e *Chlorella vulgaris*, com bom perfil de aminoácidos e pigmentos, têm sido as mais investigadas nesse contexto (Miladinović et al., 2022; Van Dyck et al., 2020).

Embora ainda em fases iniciais de pesquisa e desenvolvimento para a inclusão em larga escala em dietas suínas, os estudos indicam um alto valor nutricional da biomassa de microalgas, com a capacidade de melhorar não apenas o desempenho dos animais, mas também a qualidade da carne, particularmente seu perfil de ácidos graxos, enriquecendo-a com ômega-3, e fortalecendo a saúde imunológica dos suínos (Gatrell et al., 2014; Zhang et al., 2019). Van Dyck et al. (2020), em sua revisão, destacaram a flexibilidade da composição das microalgas, que pode ser manipulada através das condições de cultivo para otimizar o teor de proteínas, lipídios ou carboidratos, conforme a necessidade.

No entanto, a implementação de microalgas como ingrediente de ração para suínos enfrenta desafios consideráveis. A produção em escala comercial com custos competitivos é o principal gargalo, pois os processos de cultivo e colheita ainda podem ser caros e energeticamente intensivos (Miladinović et al., 2022; Gatrell et al., 2014). Além disso, há limitações relacionadas à padronização da composição nutricional, à necessidade de melhorias tecnológicas na extração e no processamento dos compostos bioativos, bem como à adequação sensorial para garantir a aceitação pelos animais, o que exige investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento para viabilizar sua inserção prática e econômica na cadeia produtiva.

A palatabilidade da biomassa de microalgas para os suínos também requer atenção, pois

algumas espécies podem ter sabores ou odores que afetam o consumo de ração (Zhang et al., 2019). A pesquisa contínua focada em otimizar as condições de cultivo, desenvolver métodos de processamento mais eficientes (como secagem por spray dry e extração de nutrientes específicos) e explorar a inclusão de microalgas em níveis que maximizem o custo-benefício e a aceitação pelos animais, com o objetivo de tornar essa alternativa biotecnológica uma fonte viável e sustentável de nutrientes a longo prazo (Miladinović et al., 2022). Além disso, a seleção criteriosa das espécies, o aprimoramento da estabilidade dos compostos bioativos e a padronização das características sensoriais da biomassa são estratégias fundamentais para garantir seu aproveitamento eficaz em dietas suínas, contribuindo para a diversificação das fontes proteicas e a redução da dependência de ingredientes convencionais.

A biomassa de microalgas configura-se como uma alternativa inovadora e promissora para a nutrição suína, oferecendo uma fonte sustentável e rica em proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos ômega-3 essenciais para o desenvolvimento e a saúde dos animais. Apesar dos desafios atuais relacionados à viabilidade econômica da produção em larga escala, à padronização nutricional e à palatabilidade, os avanços tecnológicos e as pesquisas contínuas têm mostrado potencial significativo para superar essas barreiras.

A capacidade de manipular a composição das microalgas conforme a demanda nutricional, aliada à melhoria dos processos de cultivo e processamento, aponta para um futuro em que essa biomassa possa ser incorporada de forma eficiente e sustentável nas dietas suínas. Assim, as microalgas contribuem para a diversificação das fontes proteicas, redução da dependência de insumos tradicionais e fortalecimento da sustentabilidade na produção animal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o futuro da suinocultura passa necessariamente pela inovação na alimentação. A integração de subprodutos agroindustriais e o uso estratégico de fontes emergentes como insetos e microalgas, aliada a tecnologias de processamento eficientes e um arcabouço regulatório favorável, são os pilares para construir uma suinocultura mais competitiva, eficiente e intrinsecamente sustentável, capaz de atender às demandas crescentes por proteína animal de forma responsável.

REFERÊNCIAS

- Ayadi, S., Attia, H., & El-Khorchani, H. (2023). Fruit and vegetable by-products as potential feed ingredients for monogastric animals: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 300, 115654.
- Biasato, I., Biasibetti, E., Dabbou, S., Dezzutto, D., Gasco, L., & Schiavone, A. (2018). Impact of dietary black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on intestinal morphology and microbiota of weaning pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 238, 113-122.
- Callegaro, M., Renna, M., Dabbou, S., Lussiana, C., & Gasco, L. (2020). *Hermetia illucens* meal in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114488.
- Corredig, M., Roesch, R., & Corredig, M. (2011). Recovery and utilization of proteins from dairy processing by-products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5025-5034.
- Devries, S., van der Fels-Klerx, H. J., & Hogeveen, H. (2020). Sustainability of insect production for food and feed: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122285.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2015). Risk profile and data gaps on the consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 4257.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2018). *Insects for food and feed: A review on the potential for new protein sources*. FAO.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2018). *Guidance for Industry: Generally Recognized as Safe (GRAS)*.
- Gasco, L., Dabbou, S., Schiavone, A., & Turchini, G. M. (2018). Insect meal as a sustainable protein source for animal feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 1-10.
- Gatrell, S., Petersen, S., & Petersen, G. I. (2014). Review of the potential of microalgae as an ingredient in pig diets. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-13.
- Hanczakowska, E., Swiatkiewicz, M., & Krawczyk, K. (2020). Effect of dietary insect meal (*Hermetia illucens*) on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal microbiota in growing pigs. *Animals*, 10(10), 1779.
- Kim, K. W., Kim, B. H., Han, Y. K., & Cho, J. M. (2022). Effect of fermented brewer's spent grain on growth performance, nutrient digestibility, and fecal noxious gas emission in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 64(2), 263-272.
- Kim, S. K., Lee, S. H., Park, J. H., & Kim, Y. J. (2018). Effects of fermented brewer's spent grain on growth performance, nutrient digestibility, and apparent ileal digestibility of amino acids in growing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(12), 1930-1936.
- Kim, Y., Han, S., Lee, Y., & Choi, K. (2015). Effects of extruded corn-soybean meal on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology in weaning pigs. *Journal of Applied Animal Research*, 43(3), 329-334.

- Lammers, P. J., Honeyman, M. S., Kerr, B. J., & Weber, T. E. (2010). Use of glycerol as an energy source in diets for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 88(2), 624-634.
- Liu, C. Y., Huang, Y. C., Lin, J. H., & Chen, J. J. (2011). Effect of extruded rice bran on growth performance, nutrient digestibility, and blood characteristics of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 280-285.
- Liu, X., Wu, S., Tang, J., & Zhang, J. (2017). Effects of dietary black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut microbiota in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 19-28.
- Liu, Y., Li, M., Shi, Y., Lu, T., Chen, X., & Liu, Q. (2020). Effects of dietary tomato pomace on growth performance, antioxidant capacity, and intestinal microbiota of growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), 1-9.
- Liu, Y., Li, M., Shi, Y., & Liu, Q. (2016). Effects of dietary potato pulp on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7(1), 1-8.
- Luo, B., Sun, H., Chen, Y., Yu, D., Wang, X., & Liu, G. (2018). Effects of fermented citrus pulp on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal microbiota in growing pigs. *Livestock Science*, 216, 168-174.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). (2016). *Instrução Normativa nº 13, de 29 de abril de 2016*. Aprova o Regulamento Técnico para o controle de qualidade dos alimentos para animais.
- Meneguz, M., Gasco, L., & Tulli, F. (2018). Insect meals for pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 1-10.
- Miladinović, D., Dudić, B., Ilić, T., Savić, S., & Petrović, M. (2022). Microalgae as a sustainable source of protein and essential fatty acids in pig diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 287, 115277.
- Mirzaei-Aghsaghali, A., Zarea, M., & Valizadeh, R. (2011). Fruit and vegetable processing wastes as an alternative feed ingredient for livestock. *African Journal of Agricultural Research*, 6(14), 3121-3129.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M., & McAllister, T. A. (2018). Silage: nutritional aspects. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3rd ed., pp. 192-198). Academic Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *Nutrient Requirements of Swine*. 11th rev. ed. National Academies Press.
- Newton, M., Renna, M., Dabbou, S., Lussiana, C., Schiavone, A., & Gasco, L. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal in diets for pigs: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1-13.
- Renna, M., Dabbou, S., Lussiana, C., Schiavone, A., & Gasco, L. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as a protein source for animal feed. *Italian Journal of Animal*

Science, 16(3), 390-398.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Ferreira, A. S., de Toledo, G. A., Oliveira, R. F. M., & Silva, V. F. (2017). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4. ed. Universidade Federal de Viçosa.

Schiavone, A., Dabbou, S., Biasato, I., Renna, M., Lussiana, C., & Gasco, L. (2017). Effects of dietary black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut health in weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 95(Suppl. 4), 160-161.

Schlegel, B., Thurner, S., & Kaufmann, S. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal as a protein source in pig diets: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1-12.

Silva, D., Santos, E. C., & Costa, C. A. (2012). Extrusion in animal feeding: a review. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(9), 2003-2011.

Spranghers, T., De Clercq, H., De Smet, S., & De Clercq, M. (2017). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in broiler chickens. *Poultry Science*, 96(8), 2686-2693.

Stein, H. H., Pedersen, C., & Woyengo, T. A. (2016). The nutritional value of corn co-products for pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7(1), 1-13.

Tang, W., Ma, Y., Liu, C., & Zhang, Y. (2023). Effects of dietary grape pomace on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 1-10.

Urriola, P. E., & Stein, H. H. (2010). Value of rice bran and other rice co-products in diets fed to pigs. *Journal of Animal Science*, 88(12), 4056-4066.

Van der Poel, A. F. B., Wieringa, R. A., & van Klink, R. (2017). Processing and anti-nutritional factors in feed ingredients for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 46-60.

Van Dyck, S., Van Hove, S., Van der Waal, J. C., & De Smet, S. (2020). Microalgae in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 268, 114611.

Verbeke, W., Buggenhout, S., Van Camp, J., & De Smet, S. (2015). Consumer acceptance of insect-based foods and feeds. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 241-248.

Wang, Y., & Kim, I. H. (2020). Review on the use of black soldier fly larvae meal in pig diets. *Animals*, 10(10), 1801.

Wang, Y., Li, Y., Wu, S., & Zhang, J. (2014). Effect of brewer's spent grain on growth performance, nutrient digestibility, and fecal microbiota in growing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(10), 1476-1482.

Wang, Y., Li, Y., Wu, S., & Zhang, J. (2021). Effects of fermented rice bran on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(6), 1109-1118.

Wang, Y., Li, Y., Wu, S., & Zhang, J. (2022). Effects of dietary carrot pomace on growth

performance, nutrient digestibility, and intestinal health in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 1-9.

Wang, Y., Lu, T., Chen, X., & Liu, Q. (2019). Review of current legislation and regulations concerning insect-based feed and food products. *Journal of Insect Science*, 19(1), 1-10.

Wu, Q., Li, W., Sun, C., & Wang, Y. (2023). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal as an alternative protein source in swine diets: A meta-analysis. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 1-15.

Xie, C., Tang, C., Wu, H., Wei, F., & Li, C. (2023). Effects of enzymatically and microbially fermented brewer's spent grain on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal microbiota in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 300, 115629.

Yang, X., Li, X., Wang, J., Yang, Y., & Ren, X. (2019). Recent advances in the utilization of fruit and vegetable by-products as feed ingredients for livestock: A review. *Waste Management*, 91, 1-10.

Zhang, W., Zhang, Y., Wang, T., Wang, X., & Qiao, S. (2019). Effects of dietary *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health in weaned pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 1-9.