

Uso de productos y subproductos agrícolas en la medicina veterinaria y zootecnia Use of agricultural products and by-products in veterinary medicine and zootecnics

Lizbeth M. Meza-Galindo^a, Hazurim P. Jorge-Castillo^a, Luisa M. García-Vázquez^a, Rodrigo S. Hernández-Aco^a, Juan Ocampo-López^a, Armando Zepeda-Bastida^{a*}

Abstract:

Agricultural products and by-products have shown great relevance in recent decades because far from being considered waste and, in some cases, polluting, they can be used as raw material or inputs for the generation of value-added products or used as alternatives in the treatment of diseases and animal nutrition; these actions, therefore, reduce the environmental impact of said compounds. Thus, this study aimed to analyse the state of the art of biotechnological use of agricultural products and by-products to generate a perspective that contributes to the country's sustainable development. With the results obtained, we can conclude that there is a viable potential to use agricultural products and by-products in the various activities of veterinary medicine and animal husbandry.

Keywords:

Medicinal plants, biscuit residues, *Pleurotus ostreatus*

Resumen:

Los productos y subproductos agrícolas han mostrado gran relevancia en las últimas décadas, debido a que lejos de ser considerados desechos y, en algunos casos, contaminantes, pueden utilizarse como materia prima o insumos para la generación de productos con valor agregado, o como alternativas en el tratamiento de enfermedades y en la nutrición animal. Estas acciones, por consiguiente, reducen el impacto ambiental de dichos materiales. El objetivo de este estudio fue analizar el estado del arte del aprovechamiento biotecnológico de los productos y subproductos agrícolas, para generar una perspectiva que contribuya al desarrollo sostenible del País. De acuerdo con los resultados obtenidos, existe un potencial viable para utilizar los productos y subproductos agrícolas en las diversas actividades de la medicina veterinaria y la zootecnia.

Palabras Clave:

Plantas medicinales, residuos de galleta, *Pleurotus ostreatus*

Introducción

Debido al crecimiento de la población a nivel mundial, la industria productora de alimentos de origen animal se ha visto rebasada, la demanda cada día es mayor debido a que no hay producción suficiente de proteína de origen animal para toda la población; de hecho, esta es inaccesible para

muchas personas hoy en día. Por tal motivo, el reto verdadero es producir proteína de origen animal a menor costo, lo que contribuiría a que sea más accesible. Debido a esta problemática, en nuestros días, se realizan estudios para encontrar alternativas biotecnológicas nuevas que permitan generar resultados más prometedores en la calidad de la carne, generando una opción viable y sustentable,

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Lizbeth M. Meza-Galindo me348283@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0005-4630-8515>; Hazurim P. Jorge-Castillo jo231303@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0007-2954-4684>; Luisa M. García-Vázquez ibt.garval@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4600-7446>; Rodrigo S. Hernández-Aco, rodrigo_hernandez10395@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3423-0846>; Juan Ocampo-López, jocampo@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9208-7216>; Armando Zepeda-Bastida, azepeda@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-0572-5206>.

* Autor de Correspondencia: Email: azepeda@uaeh.edu.mx

integrando ingredientes de bajo costo disponibles de manera natural para su incorporación en las dietas, lo que, a su vez, proporciona una alternativa nutricional real. La producción animal moderna enfrenta problemáticas diversas para producir volúmenes grandes de alimentos de calidad elevada a precios reducidos. Se han buscado estrategias diversas para reducir los costos de alimentación, ya que éstos representan aproximadamente el 70% del costo total de la producción. Una estrategia para reducir estos costos y mejorar la calidad del alimento es utilizar productos o subproductos agrícolas, entre éstos, los residuos agroindustriales, los cuales, en algunos casos, pueden ser considerados como un problema ambiental si no se les trata o reutiliza adecuadamente, lo cual repercute directamente sobre la salud humana y la de los animales. Estos desechos conservan varios componentes nutricionales, tales como proteínas, azúcares y minerales, lo que le confiere un elevado valor nutritivo; así mismo, ofrecen ambientes adecuados para el crecimiento de microorganismos que tienen la capacidad de transformar estos residuos mediante procesos biológicos. Por estas características pueden ser utilizados como materias primas alternativas para la formulación de dietas animales, de tal forma que no deberían ser considerados sólo como "desechos" sino también insumos o materias primas para la alimentación animal.

En México, los residuos agroindustriales principales son los generados por el uso y transformación de frutas, verduras, tubérculos y vainas, semillas, raíces, hojas, algunos comercializados en fresco y otros en forma de harinas, aceites, néctares, jugos, vinos, mermeladas, ensaladas, concentrados en polvo, etc., generando residuos desde la cosecha hasta la comercialización y consumo. Otro residuo es el sustrato gastado en la producción de hongos, el cual es generado a través de los procesos de producción. Se estima que aproximadamente por cada 5 kg de desechos de hongo se produce 1 kg de hongos para consumo, este desecho o material residual puede ser utilizado como abono orgánico o como alternativa en la alimentación animal. Del mismo modo, en la industria alimentaria se generan otros subproductos, entre los que se encuentran los residuos de galleta, que han sido probados en la alimentación de conejos.

En este mismo contexto, la sociedad industrializada y urbana, ha mostrado un interés creciente por el uso de algunos productos agrícolas, entre los que se encuentran las plantas medicinales, que han sido utilizadas como alternativas para terapias naturales o remedios homeopáticos en la medicina humana y la medicina veterinaria; además, han sido utilizadas también como alternativas nutricionales en la alimentación animal. Los fitoquímicos presentes en estas plantas, son moléculas producidas por ellas como parte de su metabolismo, los cuales pueden ser utilizados en diferentes ensayos biológicos o como alimentos funcionales, por lo que también se les conoce como compuestos bioactivos. El directorio de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina ha definido a los alimentos funcionales como cualquier alimento o ingrediente alimentario que pueda proporcionar beneficios de salud, además de los tradicionalmente nutricionales. Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio es brindar un panorama general del uso de productos y subproductos agrícolas en la medicina veterinaria y zootecnia.

Plantas medicinales

El interés en el estudio del uso de la medicina tradicional, referente principalmente al uso de plantas y sus metabolitos secundarios, ha incrementado en los últimos años, reflejándose en una cantidad importante de investigaciones basadas en los efectos bioactivos que tienen estos compuestos secundarios. Las plantas sintetizan una variedad amplia de compuestos químicos como parte de su mecanismo de defensa, los cuales se clasifican por su clase química, origen biosintético y grupos funcionales en metabolitos primarios y secundarios, igualmente pueden clasificarse en compuestos hidrofílicos e hidrofóbicos, que incluyen terpenoides, compuestos polifenólicos, alcaloides, carbohidratos y aminoácidos no proteicos, éstos metabolitos secundarios han demostrado actividades terapéuticas y pueden actuar como agentes sinérgicos o antagonistas en procesos biológicos. Hay investigaciones que demuestran los efectos bioquímicos y biológicos de los fitoquímicos, compuestos fenólicos, terpenos, alcaloides y péptidos, como antimicrobianos para combatir microorganismos de interés clínico; algunos de estos

compuestos son capaces de permear la membrana celular de las bacterias ya que interactúan con moléculas membranales lo que resulta en muerte celular. Con relación al efecto sobre la inflamación, la cual es provocada como mecanismo de defensa del organismo ante agentes patógenos, se ha demostrado un efecto antiinflamatorio de fitoquímicos provenientes de jengibre y cúrcuma, los cuales interactúan con moléculas proinflamatorias, reduciendo su activación en el proceso de la inflamación. Por otro lado, se ha demostrado que algunos extractos de plantas tienen efecto inhibidor de proteasas, las cuales son las responsables del daño tisular en procesos inflamatorios. Varias investigaciones han mostrado los efectos de los fitoquímicos sobre los procesos inflamatorios, provenientes de fuentes botánicas, como la *Moringa oleífera* y *Chenopodium ambrosioides*; además, se ha observado que tienen también un efecto antihelmíntico, siendo los polifenoles, taninos y flavonoides los responsables de inhibir la motilidad y viabilidad de los helmintos. Por estas acciones biológicas, ha surgido el interés dentro de la medicina veterinaria para usar los extractos crudos y/o compuestos aislados de fuentes botánicas, como alternativa en el mejoramiento de la producción y reproducción de especies de granja para sustituir fármacos por aditivos más naturales o como una alternativa nutricional.

Usos de productos agrícolas en conejos

Una de las etapas más importantes en la producción cunícola es cuando los conejos pasan del destete a la etapa de engorda, por lo que los trastornos digestivos son la principal causa de la morbilidad y mortalidad, creando pérdidas económicas importantes para los criadores de conejos, es por eso que se han buscado alternativas para abordar esta problemática en las unidades de producción. Se han utilizado alternativas de plantas diferentes en la alimentación de conejos, entre las que podemos mencionar el jengibre, la hierbabuena, *Tithonia tubaeformis*, la ruda, el epazote, *Dalbergia palo-escrito*, *Moringa oleífera*, entre otros, mostrando de manera general que su uso en la alimentación de los conejos en etapa de engorda, no afecta negativamente los parámetros productivos y además, mostraron una tendencia a mejorar la

conversión alimenticia, calidad de carne y canal. El forraje de moringa en la dieta de conejos tiene un potencial nutritivo como aditivo; por otro lado, la adición de aceite esencial de orégano mejora significativamente la calidad de la carne y la canal. En cuanto a los parámetros productivos, la *Moringa oleífera* utilizada como aditivo, provocó una mejora en la función reproductiva de los machos, aumentando la actividad endocrina y las características de calidad del semen y en hembras gestantes mejoró el desarrollo de la glándula mamaria y la producción de leche. El romero y las semillas de Cardo Mariano mejoraron la calidad del semen y la fertilidad en conejos machos. Las antocianinas extraídas de *Hibiscus sabdariffa* y adicionadas en la dieta de conejos, mejoraron la producción de leche en conejas gestantes y lactantes, sin embargo, hay una disminución de la hormona foliculo estimulante en hembras vacías. Los compuestos bioactivos del jengibre y tomillo han mostrado una disminución de espermatozoides anormales, lo cual es atribuido a la actividad antioxidante de las plantas debido a los flavonoides, que pueden proteger la membrana plasmática que rodea el acrosoma y el flagelo, mostrando un efecto indirecto en la espermatogénesis del conejo. Estas investigaciones sugieren que los compuestos presentes en las plantas o extractos utilizados tiene un efecto benéfico sobre la alimentación de los animales.

Uso en ovinos y caprinos

El interés por mejorar la fermentación ruminal de ovinos mediante el uso de plantas o sus extractos ha aumentado con el objetivo de minimizar el uso de antibióticos que comprometan la salud pública, además de minimizar la producción de metano. Algunos autores sugieren que la adición de *P. cineraria* y *Z. nummularia* como forraje en la alimentación de cabras, puede mitigar la producción de metano, esto por efecto de los fitoquímicos presentes sobre la variedad microbiana en el rumen. Así mismo, el uso de plantas ricas en polifenoles puede reducir estratégicamente las emisiones de metano de los animales, desviando la energía para una mayor producción con una mejor eficiencia alimentaria. Otras investigaciones se han centrado en mejorar los parámetros reproductivos, por

ejemplo, la adición de *Opuntia ficus-indica* puede mejorar el rendimiento reproductivo de ovejas por la activación de procesos funcionales que afectan el metabolismo de la glucosa, la tirosina, el metano y los glicerolípidos. En experimentaciones *in vitro* se observó una mejora en la viabilidad y número de espermatozoides de carneros al agregar extracto de orégano.

Con relación al efecto antiparasitario de algunas plantas sobre helmintos en ovejas, se ha sugerido que la presencia de taninos de *Uncaria guianensis* pueden ser los responsables de afectar la motilidad y el desarrollo de los parásitos. La presencia de saponinas y flavonoides pueden desestabilizar la membrana celular y permear a los parásitos, lo que facilita la acción de los taninos que actúan como coagulantes proteicos llevando a la muerte de parásitos. Se ha probado también *Cassia sp.* y *Acacia farnesiana* sobre larvas gastrointestinales de pequeños rumiantes y sobre nemátodos en cabras, se observó que el movimiento de las larvas de *H. contortus* fue inhibido después de la exposición a los extractos de la planta a varios niveles de dosificación, así como un aumento en la inhibición de la eclosión de los huevos.

Uso en bovinos

Algunos compuestos como fenoles y flavonoides presentes en las plantas tienen efecto antimicrobiano contra microorganismos que causan enfermedades respiratorias y mastitis, lo cual, puede ser una alternativa para el control de estas enfermedades. Plantas como *E. prostrata*, *S. molle*, *B. veronicaefolia* y *L. virginicum* tienen una cantidad importante de alcaloides, fenoles y terpenoides con efecto antimicrobiano sobre *Staphylococcus aerous*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Bacillus subtilis*, *Clavibacter spp.*, *Proteus vulgaris* y *Salmonella spp.*, causantes de mastitis; mientras, *Combretum molle* presentó efecto antimicrobiano sobre *Staphylococcus aerous* y *Streptococcus agalactiae*. Por otro lado, se han incluido en la dieta de bovinos aceites esenciales de fuentes botánicas diferentes para mejorar sus parámetros productivos, fermentación ruminal y minimizar la producción de metano, lo cual, ha sugerido que los compuestos bioactivos podrían mejorar la eficiencia del alimento y la disponibilidad de nutrientes, asimismo, pueden

disminuir la degradación proteica en el rumen y mejorar la degradación de la fibra. Aceites esenciales de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Thymus vulgaris* (tomillo), *Illicium verum* (anís) y *Eugenia caryophyllus* (clavo), provocaron una reducción significativa de metano, lo que sugiere que los compuestos bioactivos de estos aceites inhiben bacterias metanogénicas en la fermentación ruminal; sin embargo, son necesarias más investigaciones para entender este proceso ya que también disminuyó la producción de metano.

Uso en aves

Para mejorar la producción avícola, se ha propuesto el uso de plantas que mejoren los parámetros productivos, utilizándose como promotores de crecimiento. Los extractos de *Garcinia mangostana L.* mostraron una mejora en el crecimiento y el funcionamiento de la producción de pollos de engorda. Adicionando 0.71% de *Origanum vulgare* en la alimentación de pollos de engorda, mostró un efecto positivo sobre el peso vivo final, consumo de alimento y conversión alimenticia. Así mismo, con la inclusión de aceite compuesto de carvacrol, timol, eucalipto y limón en el agua de bebida en pollo de engorda, se observó una reducción en la colonización de *Salmonella*, así como reducción en la conversión alimenticia y aumento en la ganancia de peso.

Uso de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en la alimentación animal

En la producción, procesamiento y consumo de productos agrícolas, existe una variedad importante de residuos que crean problemas crecientes de contaminación ya que, al ser eliminados sin ningún tratamiento, implica un problema medioambiental enorme. En la agricultura, el sustrato remanente obtenido luego del cultivo de las setas comestibles puede ser aprovechado en la producción de hortalizas, en la reutilización para el cultivo de otras setas, como complemento en la alimentación de animales de granja y peces, en el manejo de plagas, etc. El desecho orgánico o subproducto de la industria de hongos, consiste principalmente en una mezcla de material lignocelulósico que incluye trigo, aserrín, paja de arroz y mazorcas de maíz,

materiales orgánicos como proteínas y carbohidratos, micelio residual de hongos y nutrientes como nitrógeno fósforo y potasio. La biomasa lignocelulósica en los tallos de los cultivos se produce en cantidades elevadas, lo que representa un potencial importante como materia prima. En general, la lignina dificulta la digestión de la biomasa lignocelulósica por los rumiantes, pues no se puede degradar fácilmente, lo cual requiere la acción sinérgica de varias enzimas, incluyendo celulasas y hemicelulasas. *Pleurotus ostreatus* tiene un sistema lignolítico que puede producir actividades enzimáticas variables dependiendo de las circunstancias relacionadas con la complejidad del propio forraje, las cuales pueden quedar como residuo en el sustrato gastado de su cultivo. La lignina es un componente principal en las paredes celulares de las plantas que limita la utilización de la celulosa y hemicelulosa por microorganismos ruminales; sin embargo, las enzimas que se sintetizan en el crecimiento de los hongos degradan la celulosa por varias enzimas celulósicas; las endoglucanasas hidrolizan principalmente enlaces internos β -1,4-glucosídicos en las cadenas de celulosa, actúa sobre las celodextrinas que son el producto intermedio de la hidrólisis de celulosa y las convierte en celobiosa y glucosa. Las exoglucanasas liberan celobiosa desde el extremo reductor o el extremo no reductor de la cadena de celulosa, facilitando la producción de celobiosa que puede convertirse fácilmente en glucosa por β -glucosidasas, por lo que estas enzimas están presentes en el residuo del sustrato gastado de los hongos.

Después de cultivar y cosechar los hongos, el sustrato degradado tiene un mayor contenido proteico comparado con el sustrato original, tiene también características mejoradas como acarreador para nutrientes líquidos y retiene mejor el agua que el rastrojo. El sustrato degradado puede ser reciclado y su proteína recuperada para alimentación animal, siempre y cuando el sustrato esté libre de patógenos y micotoxinas. En la alimentación animal, el sustrato gastado de hongos se ha utilizado como recurso alimenticio para ovinos, búfalos y bovinos con aptitudes cárnicas debido a su contenido de proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácido; además, los residuos del sustrato gastado pueden contener otros compuestos

sintetizados por los hongos como polisacáridos, ergosterol, adenosina y triterpenos, los cuales, pueden tener efectos antiinflamatorios, antimicrobianos, antipalúdicos y antioxidantes. La adición de enzimas fibrolíticas provenientes de cultivo de hongos *in vitro*, ayudó a la degradación de la fibra detergente neutra mejorando la accesibilidad de la celulosa y la hemicelulosa.

Se ha estudiado la inclusión de hongos en el rastrojo de sorgo para mejorar sus cualidades nutritivas y mejorar la digestibilidad en rumiantes. La adición de *Pleurotus ostreatus* en paja de maíz, mejora la calidad nutritiva y la producción de enzimas fibrolíticas, mejorando el valor nutricional de pajas de baja calidad, aumentando el contenido de proteína cruda y la disminución de lignina. Se han aprovechado residuos agroindustriales mejorando sus propiedades mediante el inóculo con hongos para uso en la alimentación animal. La cáscara de café fermentada con *P. ostreatus*, aumentó la concentración de proteína y celulosa, y disminuyó los protozoos ruminales en experimentos *in vitro*. El empleo de salvado de trigo y rastrojo de maíz, inoculados respectivamente con *P. ostreatus* y *P. eryngii* para mejorar su valor nutricional, mostró que los residuos de estas producciones son adecuados para utilizarse en la alimentación animal.

El uso de extracto enzimático obtenido del sustrato gastado de *P. ostreatus* en la alimentación de cabras, el cual contenía xilanasas, celulasas y actividad lactásica, promovió un aumento en la producción de leche y en la composición química de la misma; además, como consecuencia de estos cambios, se observó una mejora en la producción de queso. En la alimentación de pollos de engorda, agregando residuos de tallos de *P. eryngii*, se observó una mejora en los parámetros productivos basado en el aumento de peso y la eficiencia alimenticia, además, se mejoró la calidad de la canal al reducir la oxidación lipídica. Por otro lado, la suplementación con sustrato gastado en el alimento de cerdos mejoró la salud intestinal y disminuyó la incidencia de diarreas, lo que sugiere una mejora en el rendimiento productivo. El rastrojo de maíz fermentado por *P. ostreatus* mejoró la fermentación del rumen, digestibilidad del alimento y la reducción de metano en ganado vacuno.

Conclusiones

El uso de productos y subproductos agrícolas puede ser una opción viable para aplicarse en la producción animal, ya sea como aditivos en la alimentación animal o en la medicina veterinaria como tratamiento para algunas enfermedades, de la mano con la disminución de problemas ambientales, por lo que representa además una opción de carácter sustentable.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- [1] Safwat A, Franco L, Ricalde R, Nieves D. Determination of Tropical Forage Preferences Using Two Offering Methods in Rabbits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)* 2014; 27(4):524-529. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13163>
- [2] Liu M, Goonewardene L, Bailey D, Basarab J, Kemp R, Okine A, Makarechian M. A study on the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 2000; 80:435-441.
- [3] Baek Y, Kim M, Reddy K, Oh Y, Jung Y, Yeo J, Choi H. Rumen fermentation and digestibility of spent mushroom (*Pleurotus ostreatus*) substrate inoculated with *Lactobacillus brevis* for Hanwoo steers. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2017; 30(4):267-277. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2950/295054363003/295054363003.pdf>
- [4] Zihare L, Spalvins K, Blumberga D. Multi criteria analysis for products derived from agro-industrial by-products. *Energy Procedia* 2018; 147:452-457. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.045>
- [5] Sadh PK, Duhan S, Duhan JS. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing* 2018; 5(1):1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- [6] Mejías-Brizuela N, Orozco-Guillen E, Galáan-Hernández N. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 2016; 2(6):27-41. [file:///C:/Users/arman/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownload/s/8381014b-213f-4c5a-9fa1-9da83c26e0ba/INDIZADO12016%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/arman/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownload/s/8381014b-213f-4c5a-9fa1-9da83c26e0ba/INDIZADO12016%20(2).pdf)
- [7] Williams BC, McMullan JT, McCahey S. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* 2001; 79(3):227-230. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00073-6)
- [8] Sánchez JE, Mata G. Hongos comestibles y medicinales en iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural. *Revista Mexicana de Micología* 2013; 38:35-36. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v38/v38a6.pdf>
- [9] Escorza-Montoya M, Amador-Larios G, García-Esquivel J, Ayala-Martínez M, Zepeda-Bastida A, Soto-Simental S. Productive performance and meat quality of rabbits that consumed cookie waste. *Abanico Vet* 2019; 9(1):1-7. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.910>
- [10] Martínez GJ, Jiménez-Escobar D. Plants of veterinary interest in the peasant culture of Sierra de Ancasti (Catamarca, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 2017; 16 (4):329-346. <https://blacpma.mse-ediciones.cl/index.php/blacpma/article/view/189>
- [11] Chasquibol NS, Lengua LC, Delmás I, Rivera DC, Bazán D, Aguirre RM, Bravo MA. Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. *Rev. Per. Quím. Ing. Quim.* 2003; 5(2):9-20. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/2907/C_hasquibol_Silva_Nancy.pdf?sequence=1
- [12] Kumari P, Kumari C, Singh PS. Phytochemical Screening of Selected Medicinal Plants for Secondary Metabolites. *Institute of International Journal of Life Sciences* 2017; 3(4):1151-1157. https://ijls.com/currentissue/Phytochemical_Screening_Medicinal_Plants_Secondary_Metabolites.pdf
- [13] Hamadani A, Ganai NA, Shanaz S, Khan N, Bukhari SS, Iqbal Z, Ayaz A. Usage of phytochemicals in veterinary practice. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2018; 6(2):1997-2000. file:///C:/Users/arman/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownload/s/27980a60-ed9b-4607-8f39-e1542f09dd6a/Hamadani_A_phytochemicals.pdf
- [14] Singh I. Antimicrobials in higher plants: Classification, mode of action and bioactivities. *Chemical Biology Letters* 2017; 4(1):48-62.
- [15] Ju J, Xie Y, Guo Y, Cheng Y, Qian H, Yao W. The inhibitory effect of plant essential oils on foodborne pathogenic bacteria in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2019; 59(20):3281-3292. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1488159>
- [16] Zhang L, Virgous C, Si H. Synergistic anti-inflammatory effects, and mechanisms of combined phytochemicals. *Journal of Nutritional Biochemistry* 2019; 69:19-30. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.009>
- [17] Chen CY, Kao CL, Liu CM. The cancer prevention, anti-inflammatory and anti-oxidation of bioactive phytochemicals targeting the TLR4 signaling pathway. *International Journal of Molecular Sciences* 2018; 19(9):2729. <https://doi.org/10.3390/ijms19092729>
- [18] Truong DH, Nguyen DH, Ta NTA, Bui AV, Do TH, Nguyen HC. Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro anti-inflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality* 2019; vol. 2019, Article ID 8178294, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/8178294>
- [19] Liao PC, Lai MH, Hsu KP, Kuo YH, Chen J, Tsai MC, Li CX, Yin XJ, Jeyashoke N, Chao LKP. Identification of β -Sitosterol as in Vitro Anti-Inflammatory Constituent in *Moringa oleifera*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2018; 66(41):10748-10759. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b04555>
- [20] Qubra K, Singh B. Study of In vitro Anti-inflammatory Property of *Dendrocnide sinuata* (Blume) Chew and *Chenopodium ambrosioides* (L.): Ethnomedicinal Plants from Assam. *Trends in Pharmaceutical Research and Development* 2020; 2(2):139-144. <file:///C:/Users/arman/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownload/s/3078cda9-92b5-4d5c-9eac-93fe3546330a/bookchapterSingh.pdf>
- [21] Son-de Fernex E, Alonso-Díaz MA, Mendoza-de Gives P, Valles-de la Mora B, González-Cortaza, M, Zamilpa A, Castillo Gallegos E. Elucidation of *Leucaena leucocephala* anthelmintic-like phytochemicals and the ultrastructural damage generated to eggs of *Cooperia* spp. *Veterinary Parasitology* 2015; 214(1-2):89-95. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.10.005>
- [22] Dalle-Zotte A, Celia C, Szendro Z. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science* 2016; 189:82-90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>
- [23] Ocampo-López J, García-Vázquez LM, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S, Zepeda-Bastida A. Effects of *Zingiber officinale* as a feed additive on productive parameters, carcass quality and meat quality in growing rabbits. *R. Bras. Zootec.* 2022; 51:e20200203. <https://doi.org/10.37496/rbz5120200203>
- [24] García-Vázquez LM, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S, Ocampo-López J, Zepeda-Bastida A. Effects of spearmint (*Mentha spicata* L.) infusion in drinking water during rabbit fattening on the microbial and physicochemical qualities of the end meat product. *International Food Research Journal* 2021; 28(3):594-602.

- [http://ifrij.upm.edu.my/28%20\(03\)%202021/19%20-%20IFRJ19704.R1.pdf](http://ifrij.upm.edu.my/28%20(03)%202021/19%20-%20IFRJ19704.R1.pdf)
- [25] Mendoza-Ramírez N, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S, Zepeda-Bastida A, Ocampo-López J, García-Vázquez LM. *Tithonia tubaeformis* forage with medicinal properties, an alternative for animal feed. Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP 2021; 7(13):1-3. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/view/5999/7834>
- [26] Zepeda-Bastida A, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S. Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. R. Bras. Zootec 2019; 48:e20190074:1-10. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190074>.
- [27] Ayala-Martínez M, Zepeda-Bastida A, Soto-Simental S. Dietary supplementation effects with *Ruta graveolens* on performance, carcass traits and meat quality on rabbits. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 2020; 11(4):1220-1230. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5460>
- [28] García-Vázquez LM, Zepeda-Bastida A, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S. Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. Food Science and Technology 2020; 40(Suppl 2):451-457. <https://doi.org/10.1590/ftst.32819>
- [29] García-Valencia S, Zepeda-Bastida A, Ocampo-López J, Ayala-Martínez M, Suárez-Islas A, Soto-Simental S. *Dalbergia palo-escrito*, a natural alternative to preserve rabbit meat. Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP 2020; 6(11):1-4. <https://doi.org/10.29057/icap.v6i11.5320>
- [30] García-Valencia S, Soto-Simental S, Ocampo-López J, Zepeda-Bastida A, Ayala-Martínez M. Effect of inclusion of extract *Dalbergia palo-escrito* on productive parameters of rabbits fat. Revista Mexicana de Agroecosistemas 2019; 6(Suplemento 2):1099-1105.
- [31] Coreno-Hernández JO, Zepeda-Bastida A, Soto-Simental S, Ayala-Martínez M, Ojeda-Ramírez D. Effect of the consumption of "palo escrito" (*Dalbergia palo-escrito* sp), alfalfa and corn in multinutritional blocks on the quality of carcass and rabbit meat. Abanico Vet 2018; 8(1):75-79. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.81.7>
- [32] Hernández-Fuentes AD, Soto-Simental S, Zepeda-Bastida A, Ocampo-López J, Ayala-Martínez M. Productive performance, carcass traits, meat quality and blood profile in rabbits fed with *Moringa oleifera*. En: "Zootecnia: Nutrição e Produção Animal", Carlos Alexandre Oelke (Eds). Primera edición, Editorial Científica Digital, Sao Paulo Brasil 2020; pp. 270-281. 10.37885/978-65-87196-42-8.
- [33] Caro Y, Bôa-Viagem C, Ferreira WM, Bustamante D, L J, Mireles S. In vivo digestibility of nutrients and energy of moringa (*Moringa oleifera* ecotype Pernambuco) forage meal, for growing-fattening rabbits. Cuban Journal of Agricultural Science 2020; 54(3):405-412. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v54n3/2079-3480-cjas-54-03-405.pdf>
- [34] Aquino-López JL, Chávez-Martínez A, García-Macías JA, Méndez-Zamora G, Rentería-Monterrubio AL, Dalle-Zotte A, García-Flores LR. Essential oil and bagasse of oregano (*Lippia berlandieri Schauer*) affect the productive performance and the quality of rabbit meat. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 2020; 11(3):701-717. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11I3.5420>
- [35] Ajuogu PK, Mgbere OO, Bila DS, McFarlane JR. Hormonal changes, semen quality and variance in reproductive activity outcomes of post pubertal rabbits fed *Moringa oleifera* Lam. leaf powder. Journal of Ethnopharmacology 2019; 233:80-86. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.036>
- [36] Attia YA, Hamed RS, Bovera F, Abd El-Hamid AEHE, Al-Harth MA, Shahba HA. Semen quality, antioxidant status and reproductive performance of rabbits bucks fed milk thistle seeds and rosemary leaves. Animal Reproduction Science 2017; 184:178-186. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.07.014>
- [37] Onuoha FC, Achebe O, Vincent O. Effect of *Hibiscus sabdariffa* L. on circulating levels of reproductive hormones in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Advances in Food Science and Technology 2015; 3(9):1-11. <https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/effect-of-hibiscus-sabdariffa-l-on-circulating-levels-of-reproductive-hormones-in-rabbits-oryctolagus-cuniculus.pdf>
- [38] Kandeil MA, Mohamed AEH, Abdel Gabba M, Ahmed RR, Ali SM. Ameliorative effects of oral ginger and/or thyme aqueous extracts on productive and reproductive performance of V-line male rabbits. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 2019; 103(5):1437-1446. <https://doi.org/10.1111/jpn.13147>
- [39] Petrič D, Mravčáková D, Kucková K, Čobanová K, Kišidayová S, Cieslak A, Ślusarczyk S, Váradyová Z. Effect of dry medicinal plants (*Wormwood*, *Chamomile*, *Fumitory* and *Mallow*) on in vitro ruminal antioxidant capacity and fermentation patterns of sheep. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 2020; 104(5):1219-1232. <https://doi.org/10.1111/jpn.13349>
- [40] Bhatt RS, Sahoo A, Kumar Soni L, Sharma P. Methane emission, nutrient utilization, microbial protein synthesis and growth performance in finisher lambs fed complete feed blocks containing phytochemical-rich forages of semi-arid region. Carbon Management 2020; 11(2):97-107. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1706143>
- [41] Aderao GN, Sahoo A, Bhatt RS, Kumawat PK, Soni L. In vitro rumen fermentation kinetics, metabolite production, methane and substrate degradability of polyphenol rich plant leaves and their component complete feed blocks. Journal of Animal Science and Technology 2018; 60(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0184-6>.
- [42] Rosales-Nieto CA, Rodríguez-Aguilar M, Santiago-Hernandez F, Cuevas-Reyes V, Flores-Najera MJ, Vázquez-García JM, Urrutia-Morales J, Ghaffari MH, Meza-Herrera CA, González-Bulnes A, Martín GB. Periconceptional nutrition with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*) improves metabolomic profiles and pregnancy outcomes in sheep. Scientific Reports 2021; 11(1):7214. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86653-w>
- [43] Aleneyez ES, Barakat IAH, Al Musayeb NM. Effect of Wild Marjoram *Origanum vulgare* Plant Extracts on Capacitation of Sheep Spermatozoa in Vitro. Advances in Bioscience and Biotechnology 2019; 10(04):82-97. <https://doi.org/10.4236/abb.2019.104006>
- [44] Amorim SL, de Oliveira ACP, Peixoto RM, Bastos LS, Silva WW, Athayde ACR. Anthelmintic activity of the ethanol extract of the *Uncaria guianensis* (Rubiaceae) on eggs and larvae of gastrointestinal nematodes of sheep in the Western Amazon Region. Acta Veterinaria Brasílica 2021; 15(1):66-74. <https://doi.org/10.21708/avb.2021.15.1.9662>
- [45] Piza MLST, Féboli A, Augosto JG, Anjos LA, Laurentiz AC, Royo VA, Alvarenga FQ, Laurentiz RS. In vitro ovidical and larvicidal activity of *Psidium cattleianum* Sabine leaves against gastrointestinal nematodes of naturally infected sheep. Boletim de Indústria Animal 2019; 76:1-8. <file:///C:/Users/arman/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownload/s7d8b8c53-24db-4975-9616-fff3f4bfa2d6/artigoNinaAraa.pdf>
- [46] Wahyuni S, Sunarso S, Prasetyono BWHE, Satrija F. Exploration of anthelmintic activity of *Cassia* spp. extracts on gastrointestinal nematodes of sheep. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research 2019; 6(2):236-240. <http://doi.org/10.5455/javar.2019.f338>
- [47] Tianhoun DF, Meda NTR, Konate A, Kabore A, Tamboura HH, Belem AMG. Phytochemical Screening and In vitro Anthelmintic Activity of *Cassia alata* (L) Roxb. on *Haemonchus contortus* of Small Ruminants in Burkina Faso. The Journal of Advances in Parasitology 2020; 7(3):14-19. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jap/2020/7.3.14.19>
- [48] Olmedo-Juárez A, Zarza-Albarran MA, Rojo-Rubio R, Zamilpa A, González-Cortazar M, Mondragón-Ancelmo J, Rivero-Pérez N, Mendoza-de Gives P. *Acacia farnesiana* pods (plant: Fabaceae) possesses anti-parasitic compounds against *Haemonchus contortus* in female lambs. Experimental Parasitology 2020; 218:107980. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2020.107980>
- [49] Rajamanickam K, Yang J, Sakharkar MK. Phytochemicals as alternatives to antibiotics against major pathogens involved in bovine respiratory disease (BRD) and bovine mastitis (BM). Bioinformation

- 2019; 15(1):32–35. <http://www.bioinformation.net/015/97320630015032.pdf>
- [50] Macías MA, López JCS, Osegueda SR, Córdova IG, Ledezma FG, Marrero JG. In vitro antimicrobial activity of mexican plants on bovine mastitis bacteria: Preliminary studies. *Bioscience Journal* 2020; 36(1):183–190. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42137>
- [51] Regassa F, Araya M. In vitro antimicrobial activity of *Combretum molle* (Combretaceae) against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* isolated from crossbred dairy cows with clinical mastitis. *Tropical Animal Health and Production* 2012; 44:1169–1173. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0054-4>
- [52] Nehme R, Andrés S, Pereira RB, Jemaa MB, Bouhallab S, Ceciliani F, López S, Rahali FZ, Ksouri R, Pereira DM, Abdennebi-najar L. Essential oils in livestock: From health to food quality. *Antioxidants* 2021; 10(2):1–42. <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>
- [53] Günal M, Pinski B, AbuGhazaleh AA. Evaluating the effects of essential oils on methane production and fermentation under in vitro conditions. *Italian Journal of Animal Science* 2017; 16(3):500–506. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1291283>
- [54] Manafi M, Hedayati M, Pirany N, Omede AA. Comparison of performance and feed digestibility of the non-antibiotic feed supplement (Novacid) and an antibiotic growth promoter in broiler chickens. *Poultry Science* 2019; 98(2):904–911. <https://doi.org/10.3382/ps/pey437>
- [55] Herawati O, Untari T, Anggita M, Artanto S. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana L.*) peel extract as an antibiotic growth promoter on growth performance and antibiotic resistance in broilers. *Veterinary World* 2020; 13(4):796–800. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.796-800>
- [56] Pujada-Abad H, Vega-Vilca J, Velásquez Vergara C, Palacios-Rodríguez B. Niveles de orégano (*Origanum vulgare*) en la dieta y su influencia en el rendimiento productivo del pollo de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 2019; 30(3):1077–1082. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16599>
- [57] Alali WQ, Hofacre CL, Mathis GF, Faltys G. Effect of essential oil compound on shedding and colonization of *Salmonella enterica* serovar Heidelberg in broilers. *Poultry Science* 2013; 92(3):836–841. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02783>
- [58] Alborés S, Pianzola MJ, Soubes M, Cerdeira, MP. Biodegradation of agroindustrial wastes by *Pleurotus spp* for its use as ruminant feed. *Electronic Journal of Biotechnology* 2006; 9(3):215–220. <https://www.scielo.cl/pdf/ejb/v9n3/a08.pdf>
- [59] Bermúdez RCS, García NO, Mustelier IP, Martínez OR, López YF. Valor agregado del sustrato remanente obtenido en el cultivo de seta comestible-medicinal *Pleurotus ostreatus*. *Tecnología Química* 2019; 39(3):564–579. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283006>
- [60] Wan Mahari WA, Peng W, Nam WL, Yang H, Lee XY, Lee YK, Liew RK, Ma NL, Mohammad A, Sonne C, Van Le Q, Show PL, Chen WH, Lam SS. A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of Hazardous Materials* 2020; 400:123156. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123156>
- [61] Nie H, Wang Z, You J, Zhu G, Wang H, Wang F. Comparison of in vitro digestibility and chemical composition among four crop straws treated by *Pleurotus ostreatus*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 2020; 33(1):24–34. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0023>
- [62] Zuo S, Niu D, Zheng M, Jiang D, Tian P, Li R, Xu C. Effect of *Irpex lacteus*, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus* pretreatment of corn stover on its improvement of the in vitro rumen fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2018; 98(11):4287–4295. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8951>
- [63] Kumla J, Suwannarach N, Sujarit K, Penkhrue W, Kakumyan P, Jatuwong K, Vadthananat S, Lumyong S. Cultivation of mushrooms and their lignocellulolytic enzyme production through the utilization of agro-industrial waste. *Molecules* 2020; 25(12):1–41. <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>
- [64] Baek YC, Kim MS, Reddy KE, Oh YK, Jung YH, Yeo JM, Choi H. Rumen fermentation and digestibility of spent mushroom (*Pleurotus ostreatus*) substrate inoculated with *Lactobacillus brevis* for hanwoo steers. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarías* 2017; 30(4):267–277. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n4a02>
- [65] Chuang WY, Hsieh YC, Lee TT. The effects of fungal feed additives in animals: A review. *Animals* 2020; 10(5):805. <https://doi.org/10.3390/ani10050805>
- [66] Rodrigues MAM, Pinto P, Bezerra RMF, Dias AA, Guedes CVM, Cardoso VMG, Cone JW, Ferreira LMM, Colaço J, Sequeira CA. Effect of enzyme extracts isolated from white-rot fungi on chemical composition and in vitro digestibility of wheat straw. *Animal Feed Science and Technology* 2008; 141(3–4):326–338. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2007.06.015>
- [67] Akinfemi A, Adu OA, Doherty F. Conversion of sorghum stover into animal feed with white-rot fungi: *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius*. *African Journal of Biotechnology* 2010; 9(11):1706–1712. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1453>
- [68] Liu J, Liu B, Zhan L, Wang P, Ju M, Wu W. Solid-State Fermentation of Ammoniated Corn Straw to Animal Feed by *Pleurotus ostreatus* PI-5. *BioResources* 2016; 12(1):1723–1736. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.1723-1736>
- [69] Khan NA, Hussain S, Ahmad N, Alam S, Bezabhi M, Hendriks WH, Yu P, Cone JW. Improving the feeding value of straws with *Pleurotus ostreatus*. *Animal Production Science* 2015; 55(2):241–245. <https://doi.org/10.1071/AN14184>
- [70] Badarina I, Evvyernie D, Toharat T, Herliyana EN, Darusman LK. Nutritive Value of Coffee Husk Fermented with *Pleurotus ostreatus* as Ruminant Feed. *Media Peternakan* 2013; 36(1):58–63. https://www.researchgate.net/publication/272813375_Nutritive_Value_of_Coffee_Husk_Fermented_with_Pleurotus_ostreatus_as_Ruminant_Feed/link/57d76e1208ae5f03b49e64b/download
- [71] Wanzenböck E, Apprich S, Tirpanalan Ö, Zitz U, Kracher D, Schedle K, Kneifel W. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT - Food Science and Technology* 2017; 86:123–131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.051>
- [72] Trejo-López MT, Ayala-Martínez M, Zepeda-Bastida A, Franco-Fernández MJ, Soto-Simental S. Using spent *Pleurotus ostreatus* substrate to supplement goats to increase fresh cheese yields. *Small Ruminant Research* 2021; 195:106297. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106297>
- [73] Lee TT, Ciou JY, Chiang CJ, Chao YP, Yu B. Effect of *Pleurotus eryngii* stalk residue on the oxidative status and meat quality of broiler chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2012; 60(44):11157–11163. <https://doi.org/10.1021/jf302740h>
- [74] Adams S, Che D, Hailong J, Zhao B, Rui H, Danquah K, Qin G. Effects of pulverized oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on diarrhea incidence, growth performance, immunity, and microbial composition in piglets. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2019; 99(7):3616–3627. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9582>
- [75] Khonkhaeng B, Cherdthong A. *Pleurotus Ostreatus* and *Volvariella volvacea* Can Enhance the Quality of Purple Field Corn Stover and Modulate Ruminant Fermentation and Feed Utilization in Tropical Beef Cattle. *Animals* 2019; 9(12):1084. <https://doi.org/10.3390/ani9121084>