



Strategi Pengurangan Metana

Peran Tanin dalam Nutrisi Ternak dan Pengelolaan Lingkungan

Dr. Roni Pazla, S.Pt., M.P.

Strategi Pengurangan Metana

Peran Tanin dalam Nutrisi Ternak dan Pengelolaan Lingkungan

Dalam menghadapi tantangan global perubahan iklim, pengurangan emisi gas rumah kaca menjadi prioritas mendesak. "Strategi Pengurangan Metana: Peran Tanin dalam nutrisi ternak dan pengelolaan lingkungan" menyediakan analisis komprehensif dan terperinci mengenai peran tanin, sebuah kelompok besar metabolit sekunder tanaman, dalam mengurangi emisi metana yang dihasilkan oleh ternak ruminansia. Buku ini menggali potensi tanin, yang diklasifikasikan menjadi tanin terkondensasi dan terhidrolisis, dalam menghambat mikroba metanogenik di dalam rumen, sehingga menawarkan solusi potensial untuk mengurangi salah satu sumber utama gas rumah kaca dari sektor pertanian.

Melalui eksplorasi yang mendalam, penulis memaparkan bagaimana tanin tidak hanya mengurangi produksi metana tetapi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi dalam pakan ternak. Dengan memberikan penjelasan ilmiah yang rinci tentang mekanisme interaksi tanin dengan mikrobioma rumen, buku ini menjelaskan perubahan yang terjadi pada proses fermentasi dan metabolisme nutrisi, serta efeknya terhadap emisi metana.

Selain itu, buku ini juga mengkritisi dampak anti-nutrisi tanin dan tantangan dalam mengintegrasikannya secara efektif dalam diet ternak. Dengan pendekatan yang berimbang, penulis mengusulkan strategi untuk menyeimbangkan suplementasi tanin, termasuk penggunaan teknologi enkapsulasi dan kombinasi dengan strategi mitigasi metana lainnya.

Dengan mengedepankan pentingnya pengadaan sumber tanin yang berkelanjutan dan eksplorasi efek sinergis dengan intervensi diet lain, buku ini menawarkan pandangan baru dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari sektor peternakan. Penulis menekankan pentingnya penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan dosis dan metode pemberian tanin, memastikan bahwa kegiatan pertanian dapat berlangsung secara bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Ditujukan untuk para ilmuwan, peneliti, praktisi pertanian, dan pembuat kebijakan, "Strategi Pengurangan Metana: Peran Tanin dalam nutrisi ternak dan pengelolaan lingkungan" menjanjikan menjadi sumber referensi penting dalam menerapkan praktek peternakan yang lebih ramah lingkungan dan efisien.



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

☎ 0858 5343 1992
✉ eurekaediaaksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-934-4



9 786231 209344

**STRATEGI PENGURANGAN METANA:
PERAN TANIN DALAM NUTRISI TERNAK
DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN**

Dr. Roni Pazla, S.Pt., M.P



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**STRATEGI PENGURANGAN METANA: PERAN TANIN
DALAM NUTRISI TERNAK DAN PENGELOLAAN
LINGKUNGAN**

Penulis : Dr. Roni Pazla, S.Pt., M.P
Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita
Tata Letak : Herlina Sukma
ISBN : 978-623-120-934-4
Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA,**
JUNI 2024
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan
Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Prof. Dr. Ir. Novirman Jamarun, M.Sc, IPU Asean Eng.

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, saya sangat bersyukur dengan hadirnya buku yang berjudul "Strategi Pengurangan Metana: Peran Tanin dalam Nutrisi Ternak dan Pengelolaan Lingkungan". Emisi metana dari ternak, terutama ruminansia, merupakan tantangan signifikan dalam upaya mitigasi pemanasan global, karena menyumbang sebagian besar dari emisi gas rumah kaca sektor peternakan.

Buku ini mensintesis pemahaman dan kemajuan terkini dalam penggunaan tanin—metabolit sekunder tanaman dengan sifat mengurangi metana—sebagai aditif pakan untuk mengatasi masalah ini. Tanin, yang diklasifikasikan menjadi jenis terhidrolisis dan terkondensasi, telah menunjukkan potensi dalam menghambat mikroba metanogenik di dalam rumen, sehingga mengurangi produksi metana. Proses ini tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga

meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi pada ternak.

Buku ini dimulai dengan diskusi tentang peran ternak dalam emisi metana global, menyoroti kontribusi besar proses fermentasi enterik pada ruminansia. Lebih lanjut, buku ini menggali dasar biokimia produksi metana di rumen, menekankan interaksi mikroba yang memfasilitasi proses ini. Berbagai faktor yang mempengaruhi produksi metana, seperti komposisi pakan dan praktik manajemen, dibahas untuk memahami kompleksitas mitigasi emisi.

Dalam mengeksplorasi peran tanin, buku ini memberikan klasifikasi dan sumber tanin terkondensasi dan terhidrolisis secara rinci, termasuk dampaknya terhadap ekosistem mikroba rumen. Mekanisme di mana tanin mengurangi metana dibahas secara menyeluruh, mulai dari inhibisi langsung terhadap arkea metanogenik hingga perubahan dalam struktur komunitas mikroba dan metabolisme nutrisi. Meskipun memiliki manfaat, buku ini juga tidak menghindari pembahasan efek anti-nutrisi tanin, yang dapat

menghambat kesehatan dan produktivitas ternak jika tidak dikelola dengan baik.

Strategi untuk menyeimbangkan suplementasi tanin dalam pakan ternak diusulkan untuk mengoptimalkan manfaat sambil meminimalkan efek negatif yang ditimbulkan pada ternak. Buku ini menekankan pentingnya pengadaan sumber daya yang berkelanjutan dan integrasi dengan strategi mitigasi metana lainnya. Buku ini menyarankan pendekatan yang lebih komprehensif untuk menggunakan tanin, menyarankan penelitian lebih lanjut tentang dosis optimal, dan eksplorasi efek sinergis dengan intervensi pakan lain untuk meningkatkan keberlanjutan praktik peternakan secara efektif.

Secara keseluruhan, buku ini menangkap esensi tinjauan komprehensif tentang pengurangan metana melalui suplementasi tanin, menguraikan wawasan kritis dan arah masa depan yang diperlukan untuk memanfaatkan strategi ini dalam pertanian berkelanjutan.

Saya mengucapkan selamat kepada Dr. Roni Pazla yang telah berhasil menyusun dan menerbitkan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata dalam upaya kita menjaga keseimbangan lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi ternak.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung proses penulisan buku ini. Buku ini mengeksplorasi solusi yang berkelanjutan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, khususnya melalui pengurangan emisi metana dari ternak ruminansia.

Emisi metana dari sektor peternakan, khususnya dari ternak ruminansia, merupakan salah satu kontributor terbesar gas rumah kaca yang mempengaruhi perubahan iklim global. Keterlibatan saya tidak hanya sebagai seorang penulis, tapi juga sebagai pemerhati yang mendalam terhadap dampak lingkungan dari praktik peternakan ternak ruminansia. Motivasi untuk mengurangi dampak gas metan dan meningkatkan keberlanjutan dalam produksi ternak telah mendorong saya untuk menyelidiki dan mengembangkan konten buku ini.

Melalui buku ini, saya berusaha menyajikan potensi tanin—sebagai metabolit sekunder dari tanaman—dalam memainkan peran penting dalam mengurangi produksi metana oleh ternak. Buku ini tidak hanya menguraikan cara kerja tanin dalam menghambat aktivitas mikroba metanogenik tetapi juga mengeksplorasi efek sinergis tanin dengan strategi mitigasi lainnya dalam praktik pertanian yang berkelanjutan.

Saya berharap buku ini dapat memberikan wawasan baru dan mendorong lebih banyak inisiatif penelitian serta aplikasi praktis dalam pengelolaan lingkungan dan pertanian yang berkelanjutan. Semoga karya ini menjadi sumber informasi yang berharga bagi para peneliti, praktisi peternakan, dan siapa saja yang berkepentingan dalam mengembangkan praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan bertanggung jawab.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang telah membantu, dan terutama kepada keluarga saya yang telah memberikan dukungan

tanpa henti selama proses penulisan buku ini. Semoga upaya kita bersama dalam menghadapi tantangan lingkungan saat ini akan membawa dampak yang berarti untuk generasi yang akan datang.

[Dr. Roni Pazla, S.Pt, MP]

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 GAS METAN DAN TANIN.....	1
A.Latar Belakang	1
B.Peran Tanin	7
C. Ruang Lingkup dan Tujuan Buku.....	15
BAB 2 PRODUKSI GAS METAN PADA	
RUMINANSIA	20
A. Fermentasi Rumen.....	20
B. Kontribusi Mikroba terhadap Metanogenesis.....	25
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Metana.....	31
BAB 3 TIPE DAN SUMBER TANIN	36
A. Tanin Terkondensasi.....	36
B. Tanin Terhidrolisis.....	40

C. Variasi Komposisi Tanin	44
BAB 4 MEKANISME TANIN DALAM	
MEREDUKSI GAS METAN.....	51
A. Efek Langsung pada Mikroba Metanogenik	51
B. Perubahan Mikrobioma Rumen	57
C. Pemanfaatan Nutrisi dan Pembentukan	
Produk Samping	63
BAB 5 EFEK TANIN PADA KESEHATAN DAN	
NUTRISI TERNAK RUMINANSIA.....	68
A. Dampak pada Kecernaan.....	68
B. Efek Anti-Nutrisi dan Toksisitas	72
C. Mencapai Keseimbangan antara	
Pengurangan Metana dan Kesehatan	
Ternak	76
BAB 6 APLIKASI TANIN PADA PAKAN	
TERNAK.....	81
A. Dosis Tanin.....	81
B. Strategi Suplementasi.....	87
C. Tantangan Praktis dan Solusi	91
BAB 7 INOVASI RISET TANIN DALAM PAKAN	
TERNAK.....	97

A. Interaksi Tanin-Mikroba	97
B. Sumber Berkelanjutan dan Pemuliaan Tanaman.....	101
C. Integrasi dengan Strategi Mitigasi Lain	106
BAB 8 PENUTUP	111
A. Kesimpulan.....	111
B. Implikasi untuk Pertanian Berkelanjutan ...	115
C. Rekomendasi Aplikasi Tanin	120
DAFTAR PUSTAKA.....	127
TENTANG PENULIS	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Emisi gas Metana (CH ₄) dari sektor pertanian dan peternakan (modifikasi dari IPCC, 2007) dalam (Akhardiarto & Rofiq, 2017).....	2
Gambar 1. 2 Grafik hasil perhitungan emisi gas CH ₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia berdasarkan penambahan populasi ruminansia selama 5 tahun (Gg/thn). (Akhardiarto & Rofiq, (2017).....	4
Gambar 1. 3 Strategi mitigasi gas CH ₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia (Waghorn and Hegarty. (2011) dalam (Akhardiarto & Rofiq, 2017)	5
Gambar 1. 4 Struktur (a) Tanin Terhidrolisis (b) Tanin Terkondensasi (Das, dkk., 2020).	9
Gambar 1. 5 Klasifikasi tannin (Khanbabae et al., 2001).....	11
Gambar 1. 6 <i>Leucaena leucocephala</i>	12
Gambar 1. 7 <i>Acacia nilotica</i>	13
Gambar 3. 1 <i>Sonneratia alba</i> (Wikipedia)	47

Gambar 7. 1 Struktur kimia gabungan tanin dan
saponin..... 107

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Emisi Gas CH ₄ dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia di Indonesia tahun 2013 .	3
Tabel 1. 2 Emisi Gas CH ₄ dari enterik dan feces serta N ₂ O dari feces ternak di Indonesia dihitung dengan metode Tier 1 pada tahun 2014.....	6
Tabel 3.1 Potensi sumber tanin untuk pakan ternak	37
Tabel 3 2 Degradasi tanin dari buah <i>S. alba</i> yang difermentasi oleh <i>A. niger</i> pada waktu fermentasi yang berbeda.....	48
Tabel 4. 1 Kandungan Total Populasi Protozoa dan Biomassa Mikroba.....	54
Tabel 4. 2 Produksi gas total dan produksi gas metan.	55
Tabel 4. 3 Rataan produksi gas metan (ml/gram)	59
Tabel 4. 4 Rataan Total Protozoa	60
Tabel 4. 5 Rataan Kecernaan Protein Kasar (KCPK).....	64



**STRATEGI PENGURANGAN METANA:
PERAN TANIN DALAM NUTRISI TERNAK
DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN**

Dr. Roni Pazla, S.Pt., M.P



BAB

1

GAS METAN DAN TANIN

A. Latar Belakang

Sektor peternakan, khususnya produksi sapi, memainkan peran penting dalam berkontribusi pada emisi gas rumah kaca, terutama metana (CH_4) dan oksida nitrat (N_2O). Metana adalah gas rumah kaca yang poten dengan potensi pemanasan global 23 kali lebih besar daripada karbon dioksida (Perkins, 2019; Lakhani & Lakhani, 2018). Sektor pertanian menyumbang hampir 16% dari emisi gas rumah kaca global, dengan metana menjadi gas kedua terpenting setelah karbon dioksida dalam berkontribusi pada pemanasan global (Chidi et al., 2021; Baihaqi et al., 2022). Sumber utama emisi metana dalam produksi

BAB

2

PRODUKSI GAS METAN PADA RUMINANSIA

A. Fermentasi Rumen

Fermentasi rumen adalah proses krusial yang mendefinisikan kemampuan pencernaan unik ruminansia, seperti sapi, domba, dan kambing, memungkinkan mereka untuk mencerna bahan tanaman secara efektif. Proses ini terjadi di rumen, ruang terbesar dari perut ruminansia, di mana beragam mikroorganisme seperti bakteri, protozoa, dan jamur berkolaborasi untuk memecah karbohidrat kompleks, protein, dan nutrien lainnya (Johnson & Johnson, 1995).

BAB

3

TIPE DAN SUMBER

TANIN

A. Tanin Terkondensasi

Tanin terkondensasi (CT), yang juga dikenal sebagai proantosianidin, adalah polimer dari flavan-3,4-diol yang telah menunjukkan potensi dalam mitigasi emisi metana pada ruminansia (Forkner et al., 2004). Strukturnya berbasis pada unit flavan, terutama prosiandin, propelargondin, prodelphinidin, dan turunannya (Chai et al., 2018). Senyawa ini lebih efektif daripada tanin terhidrolisis dalam mengikat protein karena sifat polimernya (Carvalho et al., 2006). Tanin terkondensasi tersebar luas di berbagai spesies tanaman, dengan daun *Psidium guajava* kaya akan tanin terkondensasi, serta

BAB

4

MEKANISME TANIN DALAM MEREDUKSI GAS METAN

A. Efek Langsung pada Mikroba Metanogenik

Tanin adalah metabolit sekunder tanaman yang kompleks yang telah menarik perhatian karena potensinya dalam mengurangi emisi metana pada ruminansia. Mereka menghambat arkea metanogenik secara langsung melalui berbagai mekanisme. Misalnya, Bhatta et al. (2009) mengamati bahwa tanin secara langsung mengurangi populasi metanogenik di rumen. Pengurangan ini terjadi melalui dua jalur utama: baik dengan secara langsung menargetkan arkea metanogenik atau secara tidak langsung mempengaruhi protozoa yang menampung metanogen. Hasilnya adalah penurunan asosiasi

BAB

5

EFEK TANIN PADA KESEHATAN DAN NUTRISI TERNAK RUMINANSIA

A. Dampak pada Kecernaan

Tanin mempengaruhi pencernaan pakan ternak dengan mempengaruhi pencernaan serat, protein, dan karbohidrat. Tanin dapat secara tidak langsung mengurangi pencernaan serat dengan menurunkan produksi hidrogen, serta secara langsung menghambat pertumbuhan metanogenik, mengakibatkan degradasi serat yang lebih rendah (Beauchemin et al., 2007). Selain itu, tanin membentuk kompleks dengan protein, pati, dan karbohidrat lainnya, mengurangi pencernaan mereka (Besharati et al., 2022). Vadivel dan Janardhanan (2005) menemukan bahwa tanin mengurangi pencernaan

BAB

6

APLIKASI TANIN PADA PAKAN TERNAK

A. Dosis Tanin

Menetapkan tingkat dosis optimal dan metode penyajian untuk tanin dalam pakan ternak adalah kunci untuk mencapai efek yang diinginkan dalam pengurangan metana sambil mempertahankan kesehatan Ternak. Penelitian menunjukkan bahwa dosis optimal bervariasi menurut jenis tanin, spesies hewan, komposisi pakan, dan metode pemberian tanin.

Mueller-Harvey (2006): Studi ini meneliti hubungan struktur-aktivitas tanin, menekankan pentingnya struktur tanin dalam nutrisi ternak. Berbagai sifat struktural menentukan efek biologis

BAB 7 | INOVASI RISET TANIN DALAM PAKAN TERNAK

A. Interaksi Tanin-Mikroba

Memahami interaksi antara tanin dan mikroba rumen sangat penting untuk efektif mengurangi emisi metana pada ternak ruminansia. Tanin, metabolit sekunder yang berasal dari tanaman, mempengaruhi ekosistem mikroba rumen dengan beberapa cara, termasuk mengubah fermentasi dan menekan arkea penghasil metana. Namun, penelitian tentang interaksi tanin-mikroba masih memiliki celah yang perlu diatasi.

Spesifisitas Interaksi Tanin-Mikroba: Penelitian saat ini telah mengidentifikasi tanin spesifik, seperti tanin terkondensasi dan terhidrolisis, yang bervariasi

BAB

8

PENUTUP

A. Kesimpulan

Buku ini telah secara sistematis mengeksplorasi peran tanin, metabolit sekunder tanaman, dalam mengurangi emisi metana dari ternak ruminansia. Klasifikasi mereka menjadi tanin terkondensasi dan terhidrolisis menegaskan struktur kimia mereka yang berbeda dan dampak diferensial pada mikrobioma rumen dan proses fermentasi. Temuan utama dari tinjauan ini dapat diringkas sebagai berikut:

DAFTAR PUSTAKA

- Aboagye, I. and Beauchemin, K. (2019). Potential of molecular weight and structure of tannins to reduce methane emissions from ruminants: a review. *Animals*, 9(11), 856. <https://doi.org/10.3390/ani9110856>
- Adejoro, F., Hassen, A., & Akanmu, A. (2019). Effect of lipid-encapsulated acacia tannin extract on feed intake, nutrient digestibility and methane emission in sheep. *Animals*, 9(11), 863. <https://doi.org/10.3390/ani9110863>
- Akhardiarto, S., & Rofiq, M. N. (2017). Estimasi emisi gas metana dari fermentasi enterik ternak ruminansia menggunakan metode Tier-1 di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1), 1-8.
- Alkahtani, J., Elshikh, M., Khan, A., Ahmad, K., Khan, Z., Hussain, K., ... & Nadeem, M. (2020). Evaluation of anti-nutritional compounds in selected wild plants consumed by ruminants in pasturelands. *Revista*

De Chimie, 71(8), 233-239.
<https://doi.org/10.37358/rc.20.8.8295>

Almeida, A., Hegarty, R., & Cowie, A. (2021). Meta-analysis quantifying the potential of dietary additives and rumen modifiers for methane mitigation in ruminant production systems. *Animal Nutrition*, 7(4), 1219-1230.
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.09.005>

Anam, M., Hanim, C., & Yusiati, L. (2022). Feed intake and feed digestibility of male merino sheep with adding mahogany leaves (*swietenia mahagoni*) as a source of tannins in feed..
<https://doi.org/10.2991/absr.k.220207.016>

Avila, A., Zambom, M., Faccenda, A., Fischer, M., Anschau, F., Venturini, T., ... & Faciola, A. (2020). Effects of black wattle (*acacia mearnsii*) condensed tannins on intake, protozoa population, ruminal fermentation, and nutrient digestibility in jersey steers. *Animals*, 10(6), 1011.
<https://doi.org/10.3390/ani10061011>

- Bae, H., McAllister, T., Yanke, J., Cheng, K., & Muir, A. (1993). Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by fibrobacter succinogenes⁸⁵. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(7), 2132-2138. <https://doi.org/10.1128/aem.59.7.2132-2138.1993>
- Barma, S., Moniruzzaman, M., Sarker, M., & Kabir, A. (2015). Effect of tannin from blackberry (*Syzygium cumini*) seed on in vitro rumen fermentation. *Progressive Agriculture*, 25, 31-37. <https://doi.org/10.3329/pa.v25i0.24069>
- Barry, T. and Duncan, S. (1984). The role of condensed tannins in the nutritional value of lotus *pedunculatus* for sheep. *British Journal of Nutrition*, 51(3), 485-491. <https://doi.org/10.1079/bjn19840054>
- Beauchemin, K., McGinn, S., Martínez, T., & McAllister, T. (2007). Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle¹. *Journal of Animal Science*, 85(8), 1990-1996. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-686>

- Berdowska, I., Matusiewicz, M., & Fecka, I. (2021). Punicalagin in cancer prevention—via signaling pathways targeting. *Nutrients*, 13(8), 2733. <https://doi.org/10.3390/nu13082733>
- Besharati, M., Maggiolino, A., Palangi, V., Kaya, A., Jabbar, M., Eseceli, H., ... & Lorenzo, J. (2022). Tannin in ruminant nutrition: review. *Molecules*, 27(23), 8273. <https://doi.org/10.3390/molecules27238273>
- Bhatta, R., Baruah, L., Saravanan, M., Suresh, K., & Sampath, K. (2012). Effect of medicinal and aromatic plants on rumen fermentation, protozoa population and methanogenesis in vitro. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(3), 446-456. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01285.x>
- Birhan, M., Gesses, T., Kenubih, A., Dejene, H., & Yayeh, M. (2020). <p>evaluation of anthelmintic activity of tropical taniferous plant extracts against haemonchus contortus</p>. *Veterinary*

Medicine Research and Reports, Volume 11, 109-117. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s225717>

Caradus, J., Voisey, C., Cousin, G., Kaur, R., Woodfield, D., Blanc, A., ... & Roldan, M. (2022). The hunt for the “holy grail”: condensed tannins in the perennial forage legume white clover (*trifolium repens* l.). *Grass and Forage Science*, 77(2), 111-123. <https://doi.org/10.1111/gfs.12567>

Carew, A., Kerslake, F., Bindon, K., Smith, P., Close, D., & Dambergs, R. (2020). Viticultural and controlled phenolic release treatments affect phenolic concentration and tannin composition in pinot noir wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 71(4), 256-265. <https://doi.org/10.5344/ajev.2020.19003>

Carvalho, E., Póvoas, M., Mateus, N., & Freitas, V. (2006). Application of flow nephelometry to the analysis of the influence of carbohydrates on protein–tannin interactions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6), 891-896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2430>

- Chai, W., Huang, Q., Lin, M., Ou-Yang, C., Huang, W., Wang, Y., ... & Feng, H. (2018). Condensed tannins from longan bark as inhibitor of tyrosinase: structure, activity, and mechanism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(4), 908-917. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05481>
- Chang, J., Peng, S., Yin, Y., Ciais, P., Havlík, P., & Herrero, M. (2021). The key role of production efficiency changes in livestock methane emission mitigation. *Agu Advances*, 2(2). <https://doi.org/10.1029/2021av000391>
- Chaucheyras-Durand, F., Masseglia, S., Fonty, G., & Forano, E. (2010). Influence of the composition of the cellulolytic flora on the development of hydrogenotrophic microorganisms, hydrogen utilization, and methane production in the rumens of gnotobiotically reared lambs. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(24), 7931-7937. <https://doi.org/10.1128/aem.01784-10>
- Chidi, N., Chukwuma, A., & Joel, N. (2021). Impact of emerging agricultural contaminants on global

warming..

<https://doi.org/10.5772/intechopen.94170>

Choi, J. and Kim, W. (2020). Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: a review. *Animals*, 10(12), 2389. <https://doi.org/10.3390/ani10122389>

Dalby, F., Svane, S., Sigurdarson, J., Sørensen, M., Hansen, M., Karring, H., ... & Feilberg, A. (2020). Synergistic tannic acid-fluoride inhibition of ammonia emissions and simultaneous reduction of methane and odor emissions from livestock waste. *Environmental Science & Technology*, 54(12), 7639-7650. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01231>

Dawson, J., Buttery, P., Jenkins, D., Wood, C., & Gill, M. (1999). Effects of dietary quebracho tannin on nutrient utilisation and tissue metabolism in sheep and rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(11), 1423-1430. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0010\(199908\)79:113.0.co;2-8](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(199908)79:113.0.co;2-8)

- Delimont, N., Rosenkranz, S., Haub, M., & Lindshield, B. (2017). Salivary proline-rich protein may reduce tannin-iron chelation: a systematic narrative review. *Nutrition & Metabolism*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0197-z>
- Dentinho, M., Moreira, O., & Bessa, R. (2018). The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in *Cistus ladanifer* L. *Forest Systems*, 27(1), e045. <https://doi.org/10.5424/fs/2018271-11991>
- Dlamini, A. and Dube, M. (2014). Contribution of animal agriculture to greenhouse gases production in Swaziland. *American Journal of Climate Change*, 03(03), 253-260. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.33024>
- Doyle, N., Mbandlwa, P., Kelly, W., Attwood, G., Li, Y., Ross, R., ... & Leahy, S. (2019). Use of lactic acid bacteria to reduce methane production in ruminants, a critical review. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02207>

Elihasridas, Pazla R, Jamarun N, Yanti G, Sari RWW and Ikhlas Z, 2023a. Pretreatments of *Sonneratia alba* fruit as the potential feed for ruminant using *Aspergillus niger* at different fermentation times: tannin concentration, enzyme activity, and total colony. *International Journal of Veterinary Science* 12(5): 755-761. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2023.021>

Ezenwa, V., Civitello, D., Barton, B., Becker, D., Brenn-White, M., Classen, A., ... & Koltz, A. (2020). Infectious diseases, livestock, and climate: a vicious cycle. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(11), 959-962. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.08.012>

Fitri, A., Amnah, S., Jayanegara, A., Ridwan, R., Astuti, W., Sarwono, K., ... & Obitsu, T. (2022). Divergence effects between dietary acacia and quebracho tannin extracts on nutrient utilization, performance, and methane emission of ruminants: a meta-analysis. *Animal Science Journal*, 93(1). <https://doi.org/10.1111/asj.13765>

Forkner, R., Marquis, R., & Lill, J. (2004). Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of quercus. *Ecological Entomology*, 29(2), 174-187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2004.0590.x>

Frutos, P., Hervás, G., Natalello, A., Luciano, G., Fondevila, M., Priolo, A., ... & Toral, P. (2020). Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profiles. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114623. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114623>

García, E., López, A., Zimerman, M., Hernández, O., Arroquy, J., & Nazareno, M. (2019). Enhanced oxidative stability of meat by including tannin-rich leaves of woody plants in goat diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(9), 1439-1447. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0537>

Getiso, A. and Mijena, D. (2021). Feeding and nutritional strategies to reduce methane emission from large ruminants: review. *Journal of Aquaculture &*

Livestock Production, 1-9.
[https://doi.org/10.47363/jalp/2021\(2\)109](https://doi.org/10.47363/jalp/2021(2)109)

Girard, M., Nikiema, J., Brzeziński, R., Buelna, G., & Heitz, M. (2009). A review of the environmental pollution originating from the piggery industry and of the available mitigation technologies: towards the simultaneous biofiltration of swine slurry and methane this article is one of a selection of papers published in this special issue on biological air treatment.. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 36(12), 1946-1957.
<https://doi.org/10.1139/l09-141>

Goel, G. and Makkar, H. (2011). Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical Animal Health and Production*, 44(4), 729-739. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9966-2>

Gullón, P., Astray, G., Gullón, B., Tomašević, I., & Lorenzo, J. (2020). Pomegranate peel as suitable source of high-added value bioactives: tailored functionalized meat products. *Molecules*, 25(12), 2859. <https://doi.org/10.3390/molecules25122859>

Haque, N. (2018). Dietary manipulation: a sustainable way to mitigate methane emissions from ruminants. *Journal of Animal Science and Technology*, 60(1). <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0175-7>

Hashemi, S., Solli, L., Lien, K., Lamb, J., & Horn, S. (2023). Culture adaptation for enhanced biogas production from birch wood applying stable carbon isotope analysis to monitor changes in the microbial community. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-023-02328-w>

Hassan, Z., Manyelo, T., Selaledi, L., & Mabelebele, M. (2020). The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 25(20), 4680. <https://doi.org/10.3390/molecules25204680>

Hatew, B., Carbonero, C., Stringano, E., Sales, L., Smith, L., Mueller-Harvey, I., ... & Pellikaan, W. (2014). Diversity of condensed tannin structures affects rumen in vitro methane production in sainfoin

(*onobrychis viciifolia*) accessions. *Grass and Forage Science*, 70(3), 474-490.
<https://doi.org/10.1111/gfs.12125>

Herd, R., Oddy, V., & Bray, S. (2015). Baseline and greenhouse-gas emissions in extensive livestock enterprises, with a case study of feeding lipid to beef cattle. *Animal Production Science*, 55(2), 159.
<https://doi.org/10.1071/an14222>

Hodges, H., Walker, H., Cowieson, A., Falconer, R., & Cameron, D. (2021). Latent anti-nutrients and unintentional breeding consequences in australian sorghum bicolor varieties. *Frontiers in Plant Science*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.625260>

Hristov, A., Oh, J., Firkins, J., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... & Tricárico, J. (2013). Special topics – mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: i. a review of enteric methane mitigation options¹. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5045-5069.
<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583>

- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
- Ibrahim, S. and Hassen, A. (2022). Effects of graded levels of mimosa (*acacia mearnsii*) tannin purified with organic solvents on gas, methane, and in vitro organic matter digestibility of *eragrostis curvula* hay. *Animals*, 12(5), 562. <https://doi.org/10.3390/ani12050562>
- Jayanegara, A., Leiber, F., & Kreuzer, M. (2011). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(3), 365-375. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x>
- Jayanegara, A., Yogiarto, Y., Wina, E., Sudarman, A., Kondo, M., Obitsu, T., ... & Kreuzer, M. (2020). Combination effects of plant extracts rich in tannins and saponins as feed additives for mitigating in

vitro ruminal methane and ammonia formation.
Animals, 10(9), 1531.
<https://doi.org/10.3390/ani10091531>

Jensen, J., Egebo, M., & Meyer, A. (2008). Identification of spectral regions for the quantification of red wine tannins with fourier transform mid-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3493-3499.
<https://doi.org/10.1021/jf703573f>

Jimenez-Ramsey, L., Rogler, J., Housley, T., Butler, L., & Elkin, R. (1994). Absorption and distribution of 14c-labeled condensed tannins and related sorghum phenolics in chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4), 963-967.
<https://doi.org/10.1021/jf00040a024>

Jimenez-Ramsey, L., Rogler, J., Housley, T., Butler, L., & Elkin, R. (1994). Absorption and distribution of 14c-labeled condensed tannins and related sorghum phenolics in chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4), 963-967.
<https://doi.org/10.1021/jf00040a024>

- Jo, S., Lee, S., Kim, H., Eom, J., Choi, Y., Lee, Y., ... & Lee, S. (2022). Dose–response effects of bamboo leaves on rumen methane production, fermentation characteristics, and microbial abundance in vitro. *Animals*, 12(17), 2222. <https://doi.org/10.3390/ani12172222>
- Johnson, K. and Johnson, D. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8), 2483-2492. <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>
- Kamke, J., Kittelmann, S., Soni, P., Li, Y., Tavendale, M., Ganesh, S., ... & Attwood, G. (2016). Rumen metagenome and metatranscriptome analyses of low methane yield sheep reveals a sharpea-enriched microbiome characterised by lactic acid formation and utilisation. *Microbiome*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0201-2>
- Kamra, D., Patra, A., Chatterjee, P., Kumar, R., Agarwal, N., & Chaudhary, L. (2008). Effect of plant extracts on methanogenesis and microbial profile of the rumen of buffalo: a brief overview. *Australian*

Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 175.
<https://doi.org/10.1071/ea07268>

Khatib, M. (2023). Tannins from different parts of the chestnut trunk (*castanea sativa* mill.): a green and effective extraction method and their profiling by high-performance liquid chromatography-diode array detector-mass spectrometry. *Acs Food Science & Technology*, 3(11), 1903-1912.
<https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00272>

Khoa, M., Quang, N., Thang, T., Phung, T., & Kien, T. (2018). Effect of tannin in green tea by-product in combination with bio-char supplemented into basal beef cattle diet on nutrient digestibility, methane production and animal performance. *Open Journal of Animal Sciences*, 08(03), 206-214.
<https://doi.org/10.4236/ojas.2018.83015>

Kittelmann, S., Kirk, M., Jonker, A., McCulloch, A., & Janssen, P. (2015). Buccal swabbing as a noninvasive method to determine bacterial, archaeal, and eukaryotic microbial community structures in the rumen. *Applied and*

Environmental Microbiology, 81(21), 7470-7483.
<https://doi.org/10.1128/aem.02385-15>

Kyriatzis, A., Antoniou, C., Papayiannis, L., Graziani, G., Roupshael, Y., & Kyriacou, M. (2021). Pod morphology, primary and secondary metabolite profiles in non-grafted and grafted carob germplasm are configured by agro-environmental zone, genotype, and growing season. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.612376>

Kyriacou, M., Antoniou, C., Roupshael, Y., Graziani, G., & Kyriatzis, A. (2021). Mapping the primary and secondary metabolomes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruit and its postharvest antioxidant potential at critical stages of ripening. *Antioxidants*, 10(1), 57. <https://doi.org/10.3390/antiox10010057>

Lee, A., Pont, G., Jarvis, S., Farnell, M., Battaglia, M., Arsenault, R., ... & Kogut, M. (2020). Chestnut tannins and their relationship in promoting broiler growth by altering the metabolic phenotype in the cecum... <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-22490/v1>

Li, W., Yao, R., Xie, L., Liu, J., Weng, X., Yue, X., ... & Li, F. (2021). Dietary supplementation of grape seed tannin extract stimulated testis development, changed fatty acid profiles and increased testis antioxidant capacity in pre-puberty hu lambs. *Theriogenology*, 172, 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.06.015>

Lindén, E., Beest, M., Aubreu, I., Moritz, T., Sundqvist, M., Barrio, I., ... & Olofsson, J. (2022). Circum-arctic distribution of chemical anti-herbivore compounds suggests biome-wide trade-off in defence strategies in arctic shrubs. *Ecography*, 2022(11). <https://doi.org/10.1111/ecog.06166>

Liu, T., Awasthi, S., Duan, Y., Pandey, A., Zhang, Z., & Awasthi, M. (2019). Current status of global warming potential reduction by cleaner composting. *Energy & Environment*, 32(6), 1002-1028. <https://doi.org/10.1177/0958305x19882417>

Majeed, M., Bhat, B., Jadhav, A., Srivastava, J., & Nagabhushanam, K. (2008). Ascorbic acid and

tannins from *emblica officinalis* gaetrn. fruits—a revisit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 220-225.
<https://doi.org/10.1021/jf802900b>

Majewska, M. and Kowalik, B. (2019). Growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and blood biochemical parameters of lamb fed diet with the addition of lingonberry leaves and oak bark. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122(2).
<https://doi.org/10.1002/ejlt.201900273>

Marszałek, M., Kowalski, Z., & Makara, A. (2018). Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry - effect on the environment and methods of its reduction. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 25(3), 383-394.
<https://doi.org/10.1515/eces-2018-0026>

Maulana, R., Hanim, C., Anas, M., & Yusiati, L. (2022). The effect of tannin sources from *acacia mangium* willd, *swietenia mahagoni*, and *artocarpus heterophyllus* leaves in pellets on in vitro nutrient

digestibility.. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-086-2_73

Mehansho, H., Hagerman, A., Clements, S., Butler, L., Rogler, J., & Carlson, D. (1983). Modulation of proline-rich protein biosynthesis in rat parotid glands by sorghums with high tannin levels.. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(13), 3948-3952. <https://doi.org/10.1073/pnas.80.13.3948>

Melini, V. and Melini, F. (2021). Functional components and anti-nutritional factors in gluten-free grains: a focus on quinoa seeds. *Foods*, 10(2), 351. <https://doi.org/10.3390/foods10020351>

Melone, F., Saladino, R., Lange, H., & Crestini, C. (2013). Tannin structural elucidation and quantitative ³¹p nmr analysis. 2. hydrolyzable tannins and proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(39), 9316-9324. <https://doi.org/10.1021/jf401664a>

- Mergedus, A., Pšenková, M., & Janzekovic, M. (2020). Tannins and their effect on production efficiency of ruminants. *Agricultura*, 12(1-2), 1-11. <https://doi.org/10.18690/agricultura.15.1-2.1-11.2018>
- Meza-Gutiérrez, N., Magallón-Servín, P., Balois-Morales, R., Pérez-Ramírez, I., López-Guzmán, G., Berumen-Varela, G., ... & Bautista-Rosales, P. (2022). Growth promoting activity of *annona muricata* l. leaf extracts on *lactobacillus casei*. *Plants*, 11(5), 581. <https://doi.org/10.3390/plants11050581>
- Min, B. and Solaiman, S. (2018). Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(5), 1181-1193. <https://doi.org/10.1111/jpn.12938>
- Mitsumori, M., Hasunuma, T., Okimura, T., Shinkai, T., Kobayashi, Y., Hirako, M., ... & Kushibiki, S. (2019). Theoretical turnover rate of the rumen liquid

fraction in dairy cows and its relationship to feed intake, rumen fermentation, and milk production. *Animal Science Journal*, 90(12), 1556-1566. <https://doi.org/10.1111/asj.13305>

Moccia, F., Piscitelli, A., Giovando, S., Giardina, P., Panzella, L., d'Ischia, M., ... & Napolitano, A. (2020). Hydrolyzable vs. condensed wood tannins for bio-based antioxidant coatings: superior properties of quebracho tannins. *Antioxidants*, 9(9), 804. <https://doi.org/10.3390/antiox9090804>

Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2010-2037. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2577>

Ng'ambi, J., Selapa, M., Brown, D., & Manyelo, T. (2022). The effect of varying levels of purified condensed tannins on performance, blood profile, meat quality and methane emission in male bapedi sheep fed grass hay and pellet-based diet. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5). <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03268-7>

- Ngeno, K. (2023). Utilization of genome editing for livestock resilience in changing environment. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(3), 314-320. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1263027>
- Nisbet, E., Manning, M., Dlugokencky, E., Fisher, R., Lowry, D., Michel, S., ... & White, J. (2019). Very strong atmospheric methane growth in the 4 years 2014–2017: implications for the paris agreement. *Global Biogeochemical Cycles*, 33(3), 318-342. <https://doi.org/10.1029/2018gb006009>
- Nisbet, E., Manning, M., Dlugokencky, E., Fisher, R., Lowry, D., Michel, S., ... & White, J. (2019). Very strong atmospheric methane growth in the 4 years 2014–2017: implications for the paris agreement. *Global Biogeochemical Cycles*, 33(3), 318-342. <https://doi.org/10.1029/2018gb006009>
- Nishimura, S., Maie, N., Baba, M., Sudo, T., Sugiura, T., & Shima, E. (2012). Changes in the quality of chromophoric dissolved organic matter leached from senescent leaf litter during the early

decomposition. *Journal of Environmental Quality*, 41(3), 823-833. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0342>

Ojo, M. (2022). Tannins in foods: nutritional implications and processing effects of hydrothermal techniques on underutilized hard-to-cook legume seeds—a review. *Preventive Nutrition and Food Science*, 27(1), 14-19. <https://doi.org/10.3746/pnf.2022.27.1.14>

Panzella, L. and Napolitano, A. (2017). Natural phenol polymers: recent advances in food and health applications. *Antioxidants*, 6(2), 30. <https://doi.org/10.3390/antiox6020030>

Patra, A. (2012). Estimation of methane and nitrous oxide emissions from indian livestock. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(10), 2673. <https://doi.org/10.1039/c2em30396e>

Patra, A. and Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie Van Leeuwenhoek*,

96(4), 363-375. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9364-1>

Patra, A. and Saxena, J. (2010). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4152>

Pazla R, Elihasridas, Jamarun N, Yanti G, Antonius, Putri EM, Ikhlas Z, Khan SU, Khan FA, Asmairicen S, Surachman M, Darmawan IWA, Akhadiarto S and Efendi Z, 2024. Optimizing nutrient digestibility through fermentation of mangrove (*Sonneratia alba*) fruit with *Aspergillus niger*: implications for livestock feed quality improvement. *International Journal of Veterinary Science* x(x): xxxx. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2024.182>

Perkins, R. (2019). Farming and global warming. *Veterinary Record*, 185(17), 542-543. <https://doi.org/10.1136/vr.l6240>

- Petersen, S., Blanchard, M., Chadwick, D., Prado, A., Edouard, N., Mosquera, J., ... & Sommer, S. (2013). Manure management for greenhouse gas mitigation. *Animal*, 7, 266-282. <https://doi.org/10.1017/s1751731113000736>
- Poblete, J., Angeles, A., Agbisit, E., & Espaldon, M. (2020). Response of growing dairy bulls to dietary tannin in rations with varying energy levels. *Tropical Animal Science Journal*, 43(1), 50-56. <https://doi.org/10.5398/tasj.2020.43.1.50>
- Reed, J. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, 73(5), 1516-1528. <https://doi.org/10.2527/1995.7351516x>
- Robertson, G., Paul, E., & Harwood, R. (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, 289(5486), 1922-1925. <https://doi.org/10.1126/science.289.5486.1922>

- Runbanza, C., Shem, M., Otsyina, R., Nishino, N., Ichinohe, T., & Fujihara, T. (2003). Content of phenolics and tannins in leaves and pods
- Sallam, S., Attia, M., El-Din, A., El-Zarkouny, S., Saber, A., El-Zaiat, H., ... & Zeitoun, M. (2019). Involvement of quebracho tannins in diet alters productive and reproductive efficiency of postpartum buffalo cows. *Animal Nutrition*, 5(1), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.08.003>
- Salminen, J. and Karonen, M. (2011). Chemical ecology of tannins and other phenolics: we need a change in approach. *Functional Ecology*, 25(2), 325-338. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01826.x>
- Schons, P., Ries, E., Battestin, V., & Macêdo, G. (2011). Effect of enzymatic treatment on tannins and phytate in sorghum (*sorghum bicolor*) and its nutritional study in rats. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(6), 1253-1258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02620.x>

- Shinda, C., Nthakanio, P., Gitari, J., Runo, S., Mukono, S., & Maina, S. (2022). Nutrient content of sorghum hybrid lines between gadam and hard coat tannin sorghum cultivars. *Food Science & Nutrition*, 10(7), 2202-2212. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2830>
- Singh, V., RASTOGI, A., NAUTIYAL, N., & NEGI, V. (2017). Livestock and climate change: the key actors and the sufferers of global warming. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 87(1). <https://doi.org/10.56093/ijans.v87i1.66795>
- Sireesha, K., Sessaiah, C., Sudhakar, K., Kumar, D., & Vinoo, R. (2021). Estimation of proximate and chemical composition of locally available tropical tree leaves. *The Pharma Innovation*, 10(4), 1097-1099. <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i4p.6146>
- Smulikowska, S., Pastuszewska, B., Świąch, E., Ochtabińska, A., Mieczkowska, A., Nguyen, V., ... & Buraczewska, L. (2001). Tannin content affects negatively nutritive value of

- Soltan, Y., Morsy, A., Sallam, S., Louvandini, H., & Abdalla, A. (2012). Comparative &i>in vitro&i> evaluation of forage legumes
- Stifkens, A., Matthews, E., McSweeney, C., & Charmley, E. (2022). Increasing the proportion of leucaena leucocephala in hay-fed beef steers reduces methane yield. *Animal Production Science*, 62(7), 622-632. <https://doi.org/10.1071/an21576>
- Sun, X. (2020). Invited review: glucosinolates might result in low methane emissions from ruminants fed brassica forages. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.588051>
- Suybeng, B., Charmley, E., Gardiner, C., Malau-Aduli, B., & Malau-Aduli, A. (2020). Supplementing northern australian beef cattle with desmanthus tropical legume reduces in-vivo methane emissions. *Animals*, 10(11), 2097. <https://doi.org/10.3390/ani10112097>
- Taghizadeh, A. and Besharati, M. (2010). Effect of polyethylene glycol and polyvinylpyrrolidone on

in vitro gas production of raisin waste. *Advances in Animal Biosciences*, 1(1), 248.
<https://doi.org/10.1017/s2040470010003912>

Theisen, L., Erdelmeier, C., Spoden, G., Boukhallouk, F., Sausy, A., Florin, L., ... & Muller, C. (2014). Tannins from hamamelis virginiana bark extract: characterization and improvement of the antiviral efficacy against influenza a virus and human papillomavirus. *Plos One*, 9(1), e88062.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088062>

Toit, C., Niekerk, W., & Meissner, H. (2014). Direct greenhouse gas emissions of the south african small stock sectors. *South African Journal of Animal Science*, 43(3), 340.
<https://doi.org/10.4314/sajas.v43i3.8>

Umetsu, M., Sunouchi, T., Fukuda, Y., Takahashi, H., & Tada, C. (2020). Functional group distribution of the carrier surface influences adhesion of methanothermobacter thermautotrophicus. *Archaea*, 2020, 1-8.
<https://doi.org/10.1155/2020/9432803>

Vadivel, V. and Janardhanan, K. (2005). Nutritional and antinutritional characteristics of seven south indian wild legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(2), 69-75. <https://doi.org/10.1007/s11130-005-5102-y>

Vargas, J., Andrés, S., López-Ferrerías, L., Snelling, T., Yáñez-Ruíz, D., García-Estrada, C., ... & López, S. (2020). Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58401-z>

Vasta, V., Daghighi, M., Cappucci, A., Buccioni, A., Serra, A., Viti, C., ... & Mele, M. (2019). Invited review: plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3781-3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>

Wallace, R., Rooke, J., McKain, N., Duthie, C., Hyslop, J., Ross, D., ... & Roehe, R. (2015). The rumen

microbial metagenome associated with high methane production in cattle. *BMC Genomics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2032-0>

Waghorn, G.C. and R.S. Hegarty. (2011). Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency.

Widiawati, Y. and Puastuti, W. (2016). The effect of condensed tannin and saponin in reducing methane produced during rumen digestion of agricultural byproducts.. <https://doi.org/10.14334/proc.intsem.lpv-2016-p.139-146>

Yogianto, Y., Sudarman, A., Wina, E., & Jayanegara, A. (2014). Supplementation effects of tannin and saponin extracts to diets with different forage to concentrate ratio on in vitro rumen fermentation and methanogenesis. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 39(3). <https://doi.org/10.14710/jitaa.39.3.144-151>

- Yonjalli, R., Aghjehgheshlagh, F., Mahdavi, A., Navidshad, B., & Staji, H. (2019). The effect of tannin extract and n-3 fatty acid source on nutrient digestibility, blood metabolites, enzyme activity, and ruminal parameters of lactating ewes. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 43(6), 724-732. <https://doi.org/10.3906/vet-1901-80>
- Zhang, L., Lin, Y., Ye, G., Liu, X., & Lin, G. (2008). Changes in the n and p concentrations, n:p ratios, and tannin content in casuarina equisetifolia branchlets during development and senescence. *Journal of Forest Research*, 13(5), 302-311. <https://doi.org/10.1007/s10310-008-0081-9>
- Zhang, L., Zhang, S., Ye, G., Shao, H., Lin, G., & Brestic, M. (2013). Changes of tannin and nutrients during decomposition of branchlets of casuarina equisetifolia plantation in subtropical coastal areas of china. *Plant Soil and Environment*, 59(2), 74-79. <https://doi.org/10.17221/598/2012-pse>

Zhou, Z. and Yu, Z. (2011). Effects of methanogenic inhibitors on methane production and abundances of methanogens and cellulolytic bacteria in in vitro ruminal cultures. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(8), 2634-2639. <https://doi.org/10.1128/aem.02779-10>

TENTANG PENULIS



Dr. Roni Pazla, S.Pt., M.P., adalah seorang ahli dalam bidang nutrisi ruminansia yang saat ini bekerja sebagai Dosen di Universitas Andalas. Lahir di Tiku pada tanggal 14 Mei 1985, Dr. Pazla telah mengabdikan karirnya untuk penelitian dan pengembangan ilmu nutrisi ternak, khususnya ruminansia. Beliau menyelesaikan pendidikan S1, S2, dan S3 di Universitas Andalas, Padang, Indonesia, dengan fokus pada nutrisi dan makanan ternak.

Dr. Pazla telah terlibat dalam berbagai penelitian yang bertujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi pakan ternak melalui inovasi teknologi dan penggunaan bahan pakan alternatif. Penelitian terbarunya mencakup isolasi bakteri endofit penghasil enzim fitase dari *Tithonia diversifolia* untuk meningkatkan palatabilitas dan produktivitas kambing perah, serta pemanfaatan buah mangrove (*Sonneratia*

alba) sebagai sumber konsentrat pada ransum komplet ternak ruminansia. Beliau juga mengembangkan formulasi pakan konsentrat berbasis bungkil inti sawit dengan berbagai sumber hijauan sebagai bahan pakan alternatif kambing Peranakan Etawa, dan strategi meminimumkan penggunaan konsentrat dalam ransum ternak ruminansia melalui penggunaan kombinasi hijauan berkualitas tinggi seperti sorghum dan *Tithonia diversifolia*.

Dr. Pazla aktif mempublikasikan hasil penelitiannya di berbagai jurnal ilmiah terkemuka. Publikasinya meliputi studi tentang karakteristik fermentasi rumen, aktivitas enzim, dan pengurangan konsentrasi asam fitat melalui penggunaan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada berbagai dosis dan waktu fermentasi. Selain itu, ia juga mengevaluasi kualitas pakan berdasarkan metode *in vitro* dan *in vivo*, serta efektivitas tanaman herbal dalam fermentasi rumen dan emisi gas metan.

Selain publikasi ilmiah, Dr. Pazla telah menulis beberapa buku yang berfokus pada nutrisi dan manajemen pakan ternak ruminansia. Buku-buku tersebut antara lain "Rumput Unggul Pakan Ternak Ruminansia," "Leguminosa Sebagai Pakan Ternak Ruminansia," "Susu Kambing, Manfaat dan Optimalisasi," "Kamus Istilah-Istilah Dunia Peternakan," "Upaya Mengurangi Gas Metan dari Sektor Peternakan," "Potensi Tithonia Diversifolia Sebagai Pakan Ternak Ruminansia," "Mineral Ruminansia," dan "Pengantar Ilmu Nutrisi Kambing dan Domba."