البروبيوتيك: تقليل الميثان والأمونيا لتحقيق إنتاج حيواني مستدام

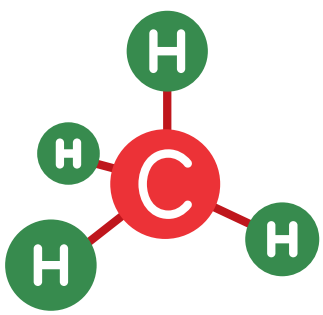
يواجه إنتاج الثروة الحيوانية ضغوطًا متزايدة لتقليل تأثيره البيئي السلبي مع الحفاظ على الإنتاجية. إذ تُسهم انبعاثات الميثان والأمونيا الناتجة عن الثروة الحيوانية بشكل كبير في إنتاج غازات الاحتباس الحراري وتلوث البيئة. ويُقدّر أن قطاع الثروة الحيوانية مسؤول عن نحو 14.5% من الانبعاثات العالمية لغازات الاحتباس الحراري، حيث يُمثل الميثان المكون الأكبر منها. في الوقت ذاته، تُساهم انبعاثات الأمونيا من أنشطة الثروة الحيوانية في تدهور جودة الهواء والمسطحات المائية. وقد برزت البروبيوتيك كحل حيوي واعد يعالج هذه المخاوف البيئية، مع تحسين أداء الحيوانات في مزارع الثروة الحيوانية.

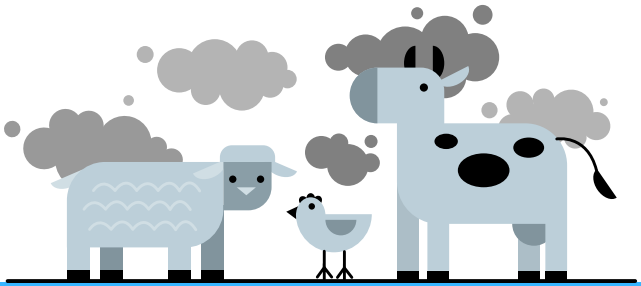
فهم إنتاج الميثان والأمونيا في الثروة الحيوانية

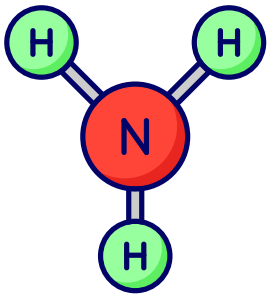
يُنتج غاز الميثان (CH_4) بشكل رئيسي في الكرش لدى المجترات من خلال التخمر اللاهوائي. أثناء الهضم، تقوم المجتمعات الميكروبية بتفكيك المواد العضوية، مما ينتج عنه أحماض دهنية طيّارة وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين. وتستخدم المجتمعات الميكروبية هذه الغازات – الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون – لإنتاج الميثان، الذي يُطلقه الحيوان بشكل أساسي عبر التجشؤ، وبدرجة أقل عبر الغازات.

أما الأمونيا (NH_3) فتُنتج من تحلل البروتين الغذائي والمركبات النيتروجينية الذاتية في الجهاز الهضمي. وعند تحلل البروتين بشكل مفرط، يتولد فائض من الأمونيا يتجاوز قدرة الحيوان على استخدام النيتروجين بكفاءة، مما يؤدي إلى إطلاق الأمونيا من خلال التنفس، والبول، والروث.

تمثل كلتا العمليتين خسائر كبيرة في الطاقة، مما يتعارض مع أهداف الزراعة المستدامة. إذ يمكن أن تصل خسائر الطاقة الناتجة عن إنتاج الميثان إلى ما بين 2–12% من إجمالي الطاقة التي يتناولها الحيوان، بينما تشير زيادة إنتاج الأمونيا إلى كفاءة منخفضة في استخدام البروتين (Hristov et al., 2013).







البروبيوتيك (الميكروبات النافعة)

كيف تقلل البروبيوتيك من انبعاثات الميثان

1 **تنظيم ميكروبيوم الكرش:** تعمل البروبيوتيك على تعديل تركيبة ونشاط المجتمعات الميكروبية في الكرش، خاصة من خلال تقليل أعداد العتائق المولدة للميثان، مع تعزيز نمو البكتيريا النافعة. ويمكن لبعض السلالات المحددة من البروبيوتيك أن تنافس المجتمعات الميكروبية على المواد التي تستخدمها في إنتاج الميثان وهي ثاني أكسيد الكربون و الهيدروجين، مما يقلل من قدرتها على إنتاج الميثان.

2 **استخدام الهيدروجين:** بعض أنواع البكتيريا قادرة على استخدام الهيدروجين الذي كان من الممكن أن يتحول إلى ميثان بواسطة العتائق. ومن خلال توجيه الهيدروجين نحو إنتاج نواتج أيضية مفيدة مثل حمض البروبيونيك، تقلل البروبيوتيك من تكوّن الميثان وتحسن كفاءة استخدام الطاقة لدى الحيوان.

3 **تحسين كفاءة الاستفادة من العلف:** من خلال تحسين الهضم والاستفادة من العناصر الغذائية، تقلل البروبيوتيك من كمية المواد غير المهضومة المتاحة لتخمر الميثان، مما يؤدي إلى تقليل إنتاج الميثان لكل وحدة علف يتم استهلاكها (Khalid وآخرون، 2022).

تعزز البروبيوتيك إنتاجية الحيوانات، مع تقليل الانبعاثات الضارة.

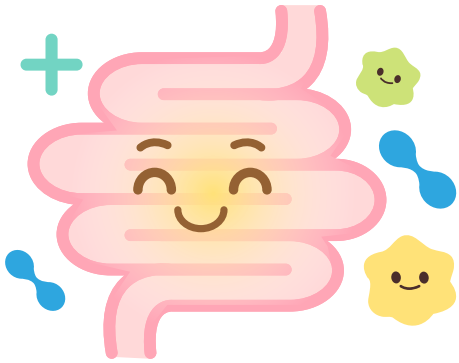
البروبيوتيك (الميكروبات النافعة)

كيف تقلل البروبيوتيك من انبعاثات الأمونيا

1. **تحسين استخدام البروتين:** تعزز البروبيوتيك كفاءة تخليق البروتين الميكروبي في الكرش، مما يسمح بالاستفادة الأفضل من النيتروجين الغذائي. وهذا يقلل من كمية النيتروجين التي تتحلل إلى أمونيا وتُفقد لاحقًا من النظام.

2. **تعزيز امتصاص الأحماض الأمينية:** من خلال تحسين صحة الأمعاء وسلامة الغشاء المعوي، تزيد البروبيوتيك من امتصاص الأحماض الأمينية وتقلل من إخراج النيتروجين. ويعني الاستخدام الأفضل للأحماض الأمينية أن كمية أقل من النيتروجين ستكون متاحة للتحول إلى أمونيا.

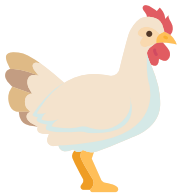
3. **تثبيت درجة الحموضة (pH):** تساعد العديد من سلالات البروبيوتيك في تثبيت درجة الحموضة في الكرش، مما يخلق بيئة أقل ملاءمة لتحلل البروتين السريع وإنتاج الأمونيا، مع تعزيز تخليق البروتين الميكروبي بشكل أكثر كفاءة.



الميكروبات النافعة في البروبيوتيك تمنع البكتيريا الممرضة وتقلل من انبعاثات الأمونيا.

فوائد البروبيوتيك

- **خفض غازات الاحتباس الحراري:** أظهرت الدراسات أن البروبيوتيك يمكن أن يقلل من انبعاثات الميثان بنسبة تتراوح بين 10–20% في الحيوانات المجترة، مع تحسين أداء الحيوانات في الوقت نفسه.
- **تحسين جودة الهواء:** يؤدي تقليل انبعاثات الأمونيا إلى تحسين جودة الهواء في محيط منشآت تربية الحيوانات، ويقلل من خطر الإصابة بمشاكل تنفسية لدى الحيوانات والعاملين في المزارع. كما أن انخفاض انبعاثات الأمونيا يقلل من السمية للنباتات.
- **حماية جودة المياه:** يؤدي انخفاض إخراج النيتروجين إلى تقليل خطر تلوث المياه الجوفية والسطحية. كما أن تقليل انبعاثات الأمونيا يحد من مساهمتها في ظاهرة الإثراء الغذائي في النظم البيئية المائية.
- **كفاءة استخدام الموارد:** تُحسّن البروبيوتيك كفاءة تحويل العلف، مما يعني أن الحيوانات تحتاج إلى كمية أقل من العلف لتحقيق نفس مستويات الإنتاج. وهذا يقلل من الموارد المطلوبة لإنتاج العلف مثل الأراضي والمياه والطاقة، مما يساهم في تعزيز الاستدامة العامة.



المراجع

- Khalid, A., Khalid, F., Mahreen, N., Hussain, S. M., Shahzad, M. M., Khan, S., & Wang, Z. (2022). Effect of Spore-Forming Probiotics on the Poultry Production: A Review. Food Science of Animal Resources, 42(6), 968–980. https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e41
- Thacharodi, A., Hassan, S., Ahmed, Z. H. T., Singh, P., Maqbool, M., Meenatchi, R., Pugazhendhi, A., & Sharma, A. (2024). The ruminant gut microbiome vs enteric methane emission: The essential microbes may help to mitigate the global methane crisis. Environmental Research, 261, 119661. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119661
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P. J., Henderson, B., & Tricarico, J. M. (2013). A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science, 91(11), 5045-5069. https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583

Probiotics: Reducing Methane and Ammonia for Sustainable Livestock Production

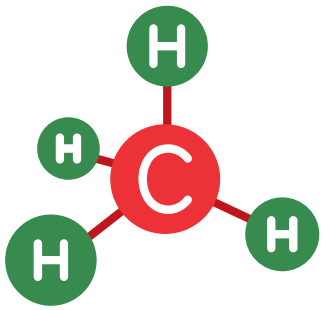
Livestock production faces increasing pressure to reduce its environmental footprint while maintaining productivity. Methane and ammonia emissions from animal agriculture contribute significantly to greenhouse gas production and environmental pollution. The livestock sector accounts for approximately 14.5% of global greenhouse gas emissions, with methane representing the largest component. Simultaneously, ammonia emissions from livestock operations contribute to air quality degradation and eutrophication of water bodies. Probiotics have emerged as a promising biotechnological solution that addresses these environmental concerns while improving animal performance in livestock farms.

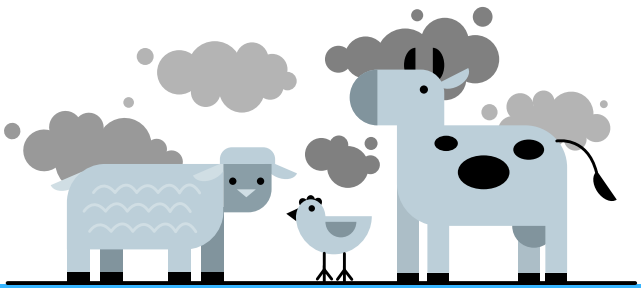
Understanding Methane and Ammonia Production in Livestock

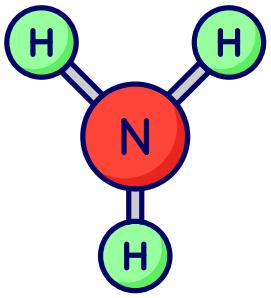
Methane (CH_4) is primarily produced in the rumen of ruminants through anaerobic fermentation by methanogenic archaea. During digestion, organic matter is broken down by microbial communities, producing volatile fatty acids, carbon dioxide, and hydrogen. Methanogenic archaea utilize this hydrogen and carbon dioxide to produce methane, which is released through belching and, to a lesser extent, flatulence.

Ammonia (NH_3) is generated from the breakdown of dietary protein and endogenous nitrogen compounds in the digestive tract. Excessive protein degradation leads to ammonia production that exceeds the animal's capacity for nitrogen utilization, resulting in ammonia emissions through breath, urine, and manure.

Both processes represent significant energy losses for sustainable agriculture. Methane production can account for 2-12% of the animal's gross energy intake, while excess ammonia indicates inefficient protein utilization (Hristov et al., 2013).





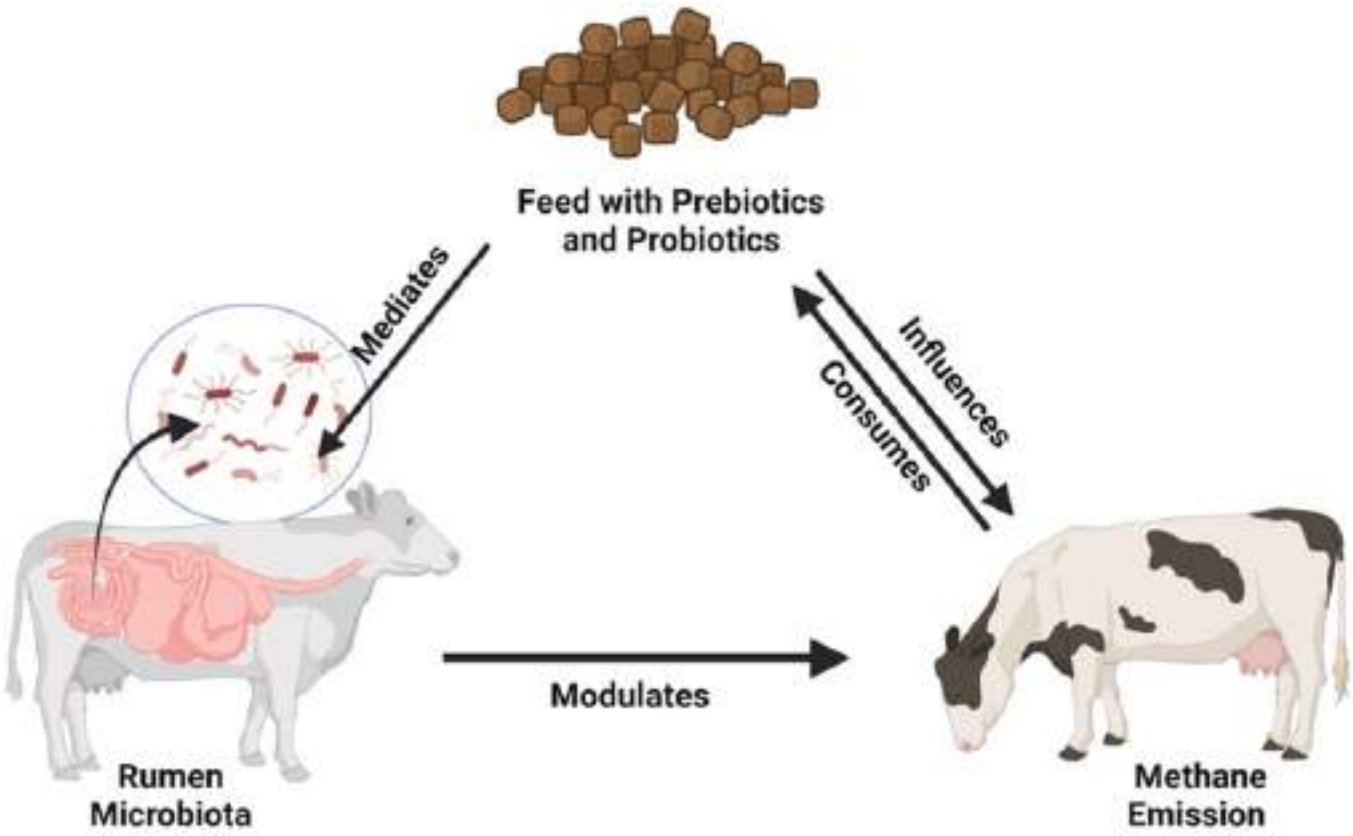


How Probiotics Reduce Methane Emissions

1. **Modulation of Rumen Microbiome:** Probiotics alter the composition and activity of rumen microbial communities, particularly reducing the population of methanogenic archaea while promoting beneficial bacteria. Specific probiotic strains can outcompete methanogens for substrates, reducing their ability to produce methane.

2. **Hydrogen Utilization:** Certain probiotic bacteria can utilize hydrogen that would otherwise be converted to methane by archaea. By redirecting hydrogen toward the production of beneficial metabolites like propionate, probiotics reduce methane formation while improving energy efficiency for the animal.

3. **Enhanced Feed Efficiency:** By improving digestibility and nutrient utilization, probiotics reduce the amount of undigested material available for methanogenic fermentation, subsequently decreasing methane production per unit of feed consumed (Khalid et al., 2022).



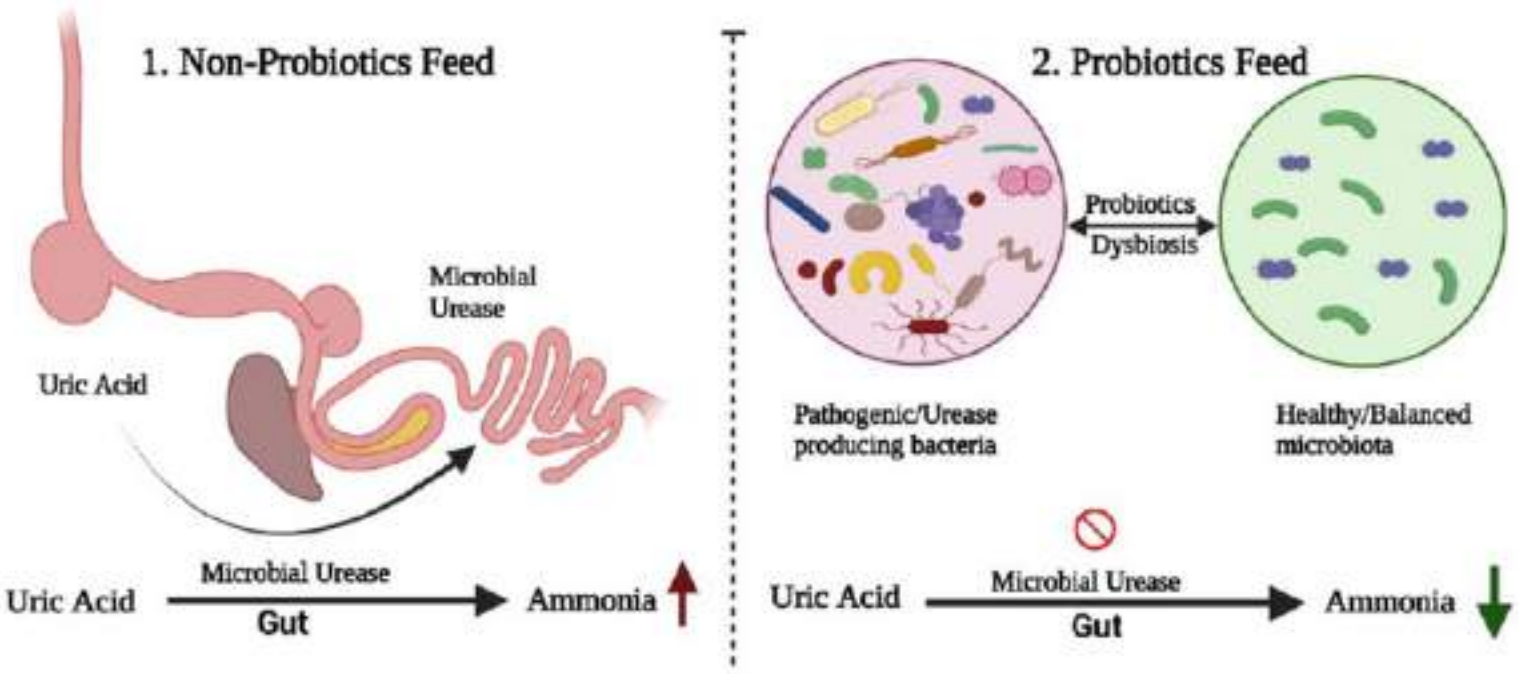
Relationship between rumen microbiota, probiotics, and methane emission from (Thacharodi et al., 2024).

How Probiotics Reduce Ammonia Emissions

1. **Improved Protein Utilization:** Probiotics enhance the efficiency of microbial protein synthesis in the rumen, allowing for better capture and utilization of dietary nitrogen. This reduces the amount of nitrogen that is degraded to ammonia and subsequently lost from the system.

2. **Enhanced Amino Acid Absorption:** By improving gut health and intestinal integrity, probiotics increase the absorption of amino acids and reduce nitrogen excretion. Better amino acid utilization means less nitrogen is available for conversion to ammonia.

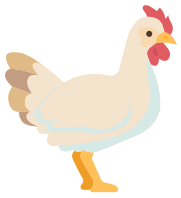
3. **pH Stabilization:** Many probiotic strains help stabilize rumen pH, creating conditions less favorable for rapid protein degradation and ammonia production while promoting more efficient microbial protein synthesis.



How probiotics reduce ammonia emissions in livestock from (Khalid et al., 2022)

Benefits of Probiotic Implementation

- **Greenhouse Gas Reduction:** Studies have shown that probiotic can reduce methane emissions by 10-20% in ruminants while improving animal performance.
- **Improved Air Quality:** Reduced ammonia emissions improve air quality around livestock facilities and reduce the risk of respiratory problems in both animals and farm workers. Lower ammonia emissions also reduces toxicity in plants.
- **Water Quality Protection:** Decreased nitrogen excretion reduces the risk of groundwater and surface water contamination. Lower ammonia emissions also reduce the contribution to eutrophication of aquatic ecosystems.
- **Resource Efficiency:** Probiotics improve feed conversion efficiency, meaning animals require less feed to achieve the same production levels. This reduces the land, water, and energy resources needed for feed production, contributing to overall sustainability.



References

- Khalid, A., Khalid, F., Mahreen, N., Hussain, S. M., Shahzad, M. M., Khan, S., & Wang, Z. (2022). Effect of Spore-Forming Probiotics on the Poultry Production: A Review. Food Science of Animal Resources, 42(6), 968–980. https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e41
- Thacharodi, A., Hassan, S., Ahmed, Z. H. T., Singh, P., Maqbool, M., Meenatchi, R., Pugazhendhi, A., & Sharma, A. (2024). The ruminant gut microbiome vs enteric methane emission: The essential microbes may help to mitigate the global methane crisis. Environmental Research, 261, 119661. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119661
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P. J., Henderson, B., & Tricarico, J. M. (2013). A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science, 91(11), 5045-5069. https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583