



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro, 2026; 17:1-16. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2026.5>

Artigo Original. Recebido: 26/08/2025. Aceito:05/03/2026. Publicado: 21/03/2026. Chave: e2025-46.

<https://www.youtube.com/watch?v=PyqU3pb2qBQ>

Efeitos de leveduras sobre a fermentação ruminal de diversas dietas: uma avaliação *in vitro*



Effects of yeasts on ruminal fermentation of various diets: an *in vitro* assessment

Bexy González-Mora^{*,1,2}  ID, Oscar Ruiz-Barrera¹  ID, Francisco Castillo-Rangel¹  ID, Joel Domínguez-Viveros¹  ID, Perla Ordoñez-Baquera¹  ID, Yamicela Castillo-Castillo^{**},  ID



¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México. ²Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba *Autor responsable: Bexy González Mora. **Autor de correspondência: Yamicela Castillo Castillo. Km 1.0 Periférico Francisco R. Almada. C. P 31453 Chihuahua, Chihuahua, México. Email: bexyglez94@gmail.com, oscarruiz80@gmail.com, fcastillor@uach.mx, jodominguez@uach.mx, plordonez@uach.mx, ycastillo@uach.mx

RESUMO

Avaliaram-se os efeitos de três espécies de leveduras sobre o pH ruminal, o nitrogênio amoniacal (N-NH₃), as concentrações de ácidos graxos voláteis (AGV), a produção total de gás e sua composição (CO₂ e CH₄) na fermentação ruminal *in vitro* de duas dietas. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 × 2. *Pichia guilliermondii* (Levica 27), *Candida norvegensis* (Levazoot 15) e um produto comercial de *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC 10) foram incubados anaerobicamente por 24 h a 39 °C, utilizando como substratos restolho de milho ou ração total mista (RTM). A produção de gás não foi afetada pela dieta nem pela espécie de levedura. As diferenças no pH ocorreram apenas com a RTM. A concentração de N-NH₃ foi mais baixa (6.1 µmol) com restolho de milho, sem mostrar variações entre as espécies de leveduras. As três leveduras aumentaram (P < 0.05) os AGV totais e individuais. A relação acético:propiónico diminuiu (P < 0.05) com Levica 27 e Levazoot 15 na RTM, mas não se alterou com restolho de milho ou com Levucell® SC 10. Em conclusão, as três cepas melhoraram a fermentação ruminal *in vitro*, como evidenciado pelo aumento nas concentrações de AGV.

Palavras-chave: probióticos, ração total mista, *Pichia guilliermondii*, *Candida norvegensis*, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of three different yeast strains on *in vitro* ruminal fermentation of two diets, by measuring ruminal pH, ammonia nitrogen (N-NH₃), volatile fatty acids (VFA), total gas production (TGP), and gas composition (CO₂ and CH₄). A completely randomized design was applied using a 4 × 2 factorial arrangement. *Pichia guilliermondii* (Levica 27), *Candida norvegensis* (Levazoot 15), and a commercial strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC 10) were incubated anaerobically for 24 h at 39 °C, using corn stover and a mixed ration (TMR) as substrates. Total gas production was not affected by diet or yeast source. The MR significantly influenced ruminal pH, while N-NH₃ concentration was lower (6.1 µmol) when corn stover was used as the substrate, with no differences among yeast species. However, all three yeasts increased (P<0.05) total VFA concentrations. The acetate-to-propionate ratio decreased (P<0.05) with Levica 27 and Levazoot 15 in the TMR, whereas no changes were observed with corn stover



or Levucell® SC 10. In conclusion, all yeast strains improved *in vitro* ruminal fermentation, as indicated by increased VFA production.

Keywords: probiotics, mixed ration, *Pichia guilliermondii*, *Candida norvegensis*, *Saccharomyces cerevisiae*.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios associados ao aumento da população humana até o ano de 2030 é o incremento na demanda por produtos agrícolas (FAO, 2015), o que é alarmante, especialmente para os países em desenvolvimento. A geração de novas estratégias para otimizar a produção e a qualidade dos produtos de origem animal tornou-se um foco principal de investigação (Lara *et al.*, 2018).

Em ruminantes, trabalha-se com a manipulação da fermentação ruminal para melhorar a utilização de compostos lignocelulósicos, melhorando a saúde e o comportamento produtivo (Arowolo & He, 2018; Liang *et al.*, 2020). Uma estratégia é o uso de aditivos como probióticos, os quais melhoram a fermentação e, portanto, a digestibilidade de alimentos fibrosos (Pilajun & Wanapat, 2018). Tem sido relatado que esses aditivos promovem o crescimento de microrganismos benéficos no rúmen, particularmente bactérias e fungos celulolíticos (Fomenky *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2022). Além disso, ajudam a estabilizar o pH ruminal, reduzir as emissões de metano (Elghandour *et al.*, 2015; Vallejo-Hernández *et al.*, 2018; Phesatcha *et al.*, 2020), melhorar os padrões de fermentação, reduzir a concentração de patógenos e aumentar a produção de carne e leite (Leicester *et al.*, 2016). No entanto, a informação disponível a esse respeito é inconsistente (Marrero *et al.*, 2020; Amin & Mao, 2021; Baker *et al.*, 2022).

A pesquisa de probióticos alternativos, diferentes de *Saccharomyces cerevisiae*, tem ganhado impulso. Cepas como *Pichia guilliermondii*, *Issatchenkia orientalis* e *Candida norvegensis* têm mostrado resultados desejados *in vitro*, superando em alguns casos o impacto na fermentação obtido por cepas puras de *Saccharomyces cerevisiae* (Wang *et al.*, 2016; Marrero *et al.*, 2021; González *et al.*, 2023). No entanto, a informação sobre o impacto dessas leveduras na fermentação ruminal, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, é limitada. O objetivo foi avaliar os efeitos de cepas puras de *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia guilliermondii* e *Candida norvegensis* sobre a fermentação ruminal *in vitro*, utilizando restolho de milho e uma ração total mista (RTM) como substratos. Hipotetizou-se que seu uso melhorará a fermentação *in vitro*.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado em 2023 no Laboratório de Biotecnologia de Alimentos da Faculdade de Zootecnia e Ecologia da Universidade Autónoma de Chihuahua (UACH), localizado no Periférico Francisco R. Almada km 1.0, na cidade de Chihuahua, Chih., México (latitude 28° 35' 10.9" N; longitude 106° 6' 26.6" O; altitude 1.440 m).



Delineamento experimental e tratamentos

Foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial (4 × 2) e 4 repetições para avaliar o impacto de três cepas diferentes de leveduras e um tratamento controle sem levedura na fermentação ruminal *in vitro* de restolho de milho e de uma ração total mista (RTM). Os tratamentos experimentais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos experimentais

Restolho de milho		Ração total mista (RTM)	
1	Control	5	Control
2	Levica 27 ¹	6	Levica 27
3	Levazoot 15 ²	7	Levazoot 15
4	Levucell [®] SC 10 ³	8	Levucell [®] SC 10

¹Levica 27: *Pichia guilliermondii* a 5.23×10^9 UFC mL⁻¹; ²Levazoot 15: *Candida norvegensis* a 1.32×10^{10} UFC mL⁻¹; ³Levucell[®] SC 10: *Saccharomyces cerevisiae* a 10^{10} UFC g⁻¹

As cepas de levedura utilizadas no experimento foram: *Pichia guilliermondii* (Levica 27, conservada no Banco de Microrganismos do Instituto de Ciência Animal em Mayabeque, Cuba, número de registro 980 no World Data Center for Microorganisms (WDCM) e registrada no GenBank sob o número de acesso JF894143.1, [Marrero et al., 2013](#)), *Candida norvegensis* (Levazoot 15, coleção de leveduras da Faculdade de Zootecnia e Ecologia da Universidade Autónoma de Chihuahua, México, número de registro no GenBank JQ519367.1 GI: 386785959, [Ruiz et al., 2016](#)) e *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell[®] SC 10).

Incubações *in vitro*

A parte da pesquisa que envolveu o uso de animais foi realizada de acordo com as regulamentações do Comitê Institucional de Bioética (número de caso: CFTZyE-ACTA-101/2015: ACUERDO 4.2).

O teste foi conduzido *in vitro* em tubos de 18 mL, mantendo um volume efetivo de 10 mL. O restolho de milho e a RTM utilizados como substratos foram previamente secos ao sol à temperatura ambiente (32 °C) e moídos em peneira de 1.0 mm antes do uso. As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos substratos utilizados na fermentação *in vitro* foram determinadas de acordo com a [AOAC \(2005\)](#); enquanto os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizados segundo a técnica descrita por [Van Soest et al. \(1991\)](#); Tabela 2). Foram pesados 0.2 g de cada substrato e adicionados aos tubos de ensaio para a incubação.

**Tabela 2. Ingredientes e composição química do restolho de milho e da ração total mista (RTM) utilizados como substratos na fermentação ruminal *in vitro***

Ingredientes (%)	Restolho de milho	RTM
Restolho de milho	100	40
Milho quebrado	-	35
Melaço	-	9
Semente de algodão	-	9
Harinolina	-	4
Ureia	-	1.5
Minerais ¹	-	1.0
Sulfato de amônio	-	0.5
Nutrientes (% Matéria seca)		
Matéria seca	91.44	86.75
Proteína bruta	5.90	15.83
FDN	67.20	42.68
FDA	37.75	25.20
Extrato Etéreo	3.10	4.60

¹Minerais: Micro FOS 8 (Fósforo 8.0 %; Cálcio 7.5 %; Magnésio 0.5 %; Potássio 1.2 %; Manganês 1.800 ppm; Zinco 2.400 ppm; Ferro 500 ppm; Cobre 930 ppm; Iodo 85 ppm; Cobalto 11 ppm; Selênio 7 ppm; Vitamina A 146.500 UI kg⁻¹; Vitamina D₃ 16.350 UI kg⁻¹; Vitamina E 20 UI kg⁻¹). FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido

O fluido ruminal foi extraído de três ovinos, machos, da raça Pelibuey, fistulados (32 kg e 12 meses de idade), os quais foram alojados em baias individuais e alimentados durante sete dias com ração total mista (RTM, Tabela 2), com livre acesso à água. A extração do líquido ruminal foi realizada no oitavo dia, antes da primeira oferta de alimento (9:00 h). Foram extraídos 200 mL de líquido ruminal, depositados em uma garrafa térmica a 39 °C e purgados com CO₂, depois misturados e transportados imediatamente ao laboratório. O líquido ruminal foi filtrado através de gaze e utilizado para preparar o meio de fermentação segundo [Menke et al., \(1979\)](#). Distribuíram-se 10 mL do meio de fermentação em cada um dos quatro frascos contendo o substrato, e quatro tubos sem substrato foram utilizados como brancos. Os tubos foram preparados sob corrente constante de CO₂ para manter atmosfera anaeróbica. Posteriormente, foram selados para incubação.

Os cultivos de levedura foram adicionados aos tubos imediatamente antes da adição do meio de fermentação. Para o preparo dos inóculos de Levica 27 e Levazoot 15, as cepas foram ativadas mediante dois subcultivos aeróbicos em caldo de extrato de malte (DIBICO®, Cuautitlán Izcallí, México) a 110 rpm (incubadora com agitação orbital; New Brunswick Model Innova 4000, Nijmegen, Países Baixos), 30 °C e 24 horas de incubação. Dos cultivos ativados, utilizou-se 10 % (v/v) como inóculo para 50 mL de caldo de extrato de malte (DIBICO®) em frascos de 100 mL, e incubou-se novamente a 30 °C e 110 rpm por 24 horas. Destes cultivos, adicionaram-se 0.5 mL (equivalente a 10 g de



levedura/animal adulto/dia) aos tubos correspondentes para a fermentação ruminal *in vitro*. No caso dos tubos controle, adicionaram-se 0.5 mL de meio de cultura sem levedura. Os cultivos de Levica 27 e Levazoot 15 apresentaram concentrações finais de 5.23×10^9 e 1.32×10^{10} UFC mL⁻¹, respectivamente, em cada tubo. No caso de Levucell® SC 10, adicionou-se 1 mg do produto comercial, equivalente a 10 g recomendados para um ruminante adulto, aos tubos correspondentes. Finalmente, os tubos foram imediatamente selados e incubados a 39 °C e 110 rpm (incubadora com agitação orbital). Após 24 horas, os tubos foram colocados em gelo para interromper a fermentação e preparados para a análise das amostras.

Variáveis avaliadas

A produção total de gás foi determinada mediante um transdutor de pressão FESTO® em cada unidade experimental após 24 h de fermentação. De cada unidade experimental, tomou-se uma amostra de gás de 1 mL para determinar sua composição por cromatografia gasosa utilizando um cromatógrafo GOW-MAC Série 580 equipado com uma coluna empacotada Carbosphere® 80/100 (5682PC) (GOW-MAC Instrument Company). O gás de arraste foi nitrogênio a uma vazão de 20 mL min⁻¹ para determinar a produção individual de metano e dióxido de carbono após 24 horas de incubação.

O pH foi medido com um potenciômetro Hanna Instruments Modelo HI 9017, e a concentração de N-NH₃ foi determinada seguindo o método de [Broderick & Kang \(1980\)](#). Para a produção de ácidos graxos voláteis (AGV), utilizou-se um cromatógrafo gasoso Claurus 400® (Perkin Elmer) equipado com detector de ionização de chama. O sistema usou uma coluna capilar Varian CP-wax58 (FFAP) CB (15 m × 0.53 mm, 0.5 µm). Antes da injeção, a amostra foi tratada com ácido metafosfórico a 25 % e introduziu-se um volume de 0.6 µL para análise ([Galyean, 1980](#)).

Análises estatísticas

Foi realizada uma análise de variância utilizando o procedimento GLM do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.3; Cary, NC, EUA) ajustado a um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 × 2. A equação do modelo ajustado é a seguinte.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

onde y_{ijk} é a variável resposta medida, μ é a média geral, α_i é o efeito fixo do tratamento ($i = 1, 2, 3, 4$), β_j é o efeito fixo da dieta ($j = 1, 2$), $\alpha\beta_{ij}$ é o efeito de interação entre o tratamento e a dieta, e e_{ijk} é o termo de erro aleatório.

Quando foram encontradas diferenças ($P < 0.05$), realizou-se a separação das médias mediante o teste de Tukey.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção total de gás e composição às 24 h

Não foi observada interação entre a dieta e a cepa de levedura ($P > 0.05$) para a produção total de gás (PTG), CH_4 ou CO_2 (Figura 1).

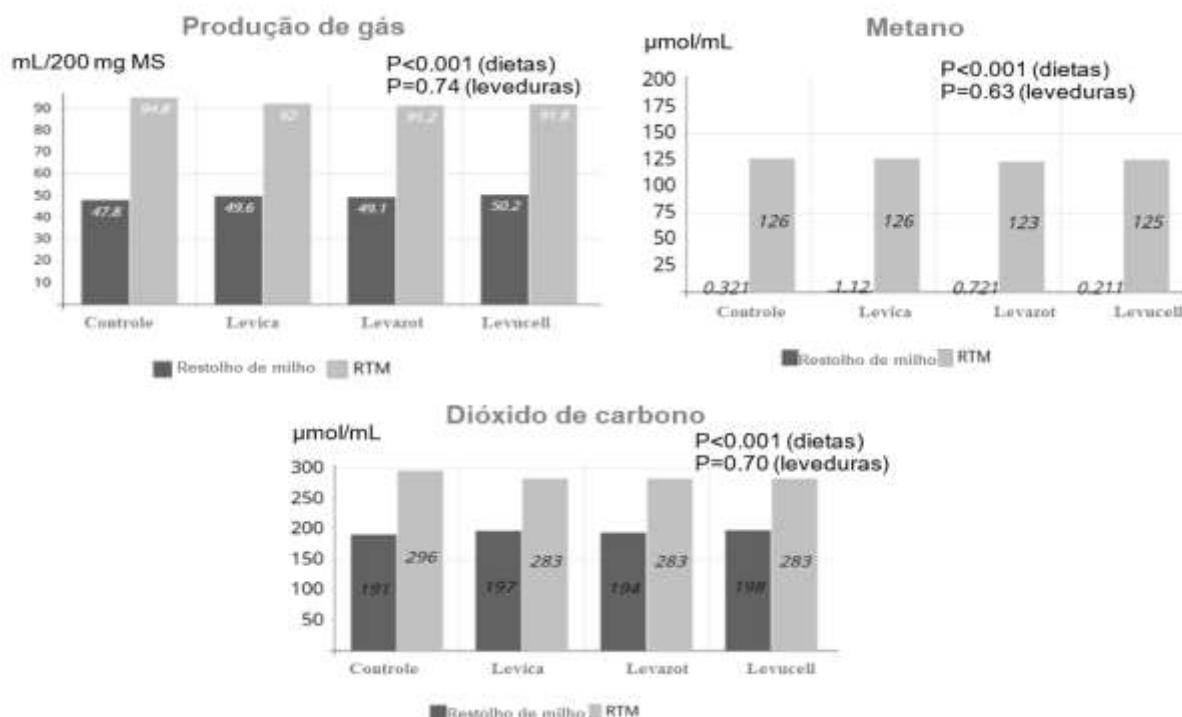


Figura 1. Produção total de gás, metano e CO_2 às 24 horas da fermentação ruminal *in vitro* de três cepas de leveduras com restolho de milho e uma ração total mista

Os resultados para o tipo de dieta foram diferentes ($P < 0.05$) nessas variáveis. A produção total de gás (PTG) e as concentrações molares de CH_4 e CO_2 foram maiores com a ração total mista (RTM) em comparação com o restolho de milho, o que ressalta os benefícios das dietas balanceadas para uma atividade microbiana ruminal ótima.

O restolho de milho, por ser pobre em PB (5.9 g kg MS^{-1}), limitou o crescimento microbiano e a fermentação, o que é consistente com o relatado por [Ikhimioya \(2008\)](#), que afirma que esse valor de proteína não fornece os níveis requeridos de amônia para uma atividade microbiana ruminal ótima.

A inclusão de leveduras não afetou a PTG. Isso concorda com [González et al. \(2023\)](#), que não observaram efeitos sobre a digestibilidade *in vitro* com *Pichia guilliermondii*. A eficácia das leveduras varia de acordo com as características da dieta, a cepa e a dose ([Chaucheyras-Durand et al., 2008](#); [Díaz et al., 2017](#)). Alguns estudos ([Marrero et al., 2014](#); [Castillo et al., 2016](#)) relataram um aumento na produção de gás com leveduras, atribuído a uma maior degradação de carboidratos estruturais, enquanto outros não



encontraram efeito. É importante mencionar que as leveduras geralmente atuam como moduladoras do ecossistema ruminal (estabilização do pH, melhor uso do N amoniacal, favorecimento de populações fibrolíticas ou amilolíticas), mais do que como estimuladores diretos da gasogênese. Por isso, podem aumentar a concentração total de AGV e melhorar o ambiente fermentativo sem modificar o gás total medido *in vitro* (Desnoyers *et al.*, 2009).

Além disso, em dietas com maior densidade energética, como a ração total mista, é possível um efeito teto, onde a fermentação basal já é eficiente e a melhora detectável no gás atribuída ao efeito das leveduras se reduz. Nesses cenários, os benefícios das leveduras são mais observados no perfil de AGV, pH e utilização de nitrogênio do que no gás acumulado (Blank & Wolfram, 2009).

A produção de CH₄ foi maior com a RTM; isso está relacionado a uma maior degradação do substrato (Benchaar *et al.*, 2024). A inclusão de leveduras não teve impacto sobre o CH₄, refletindo a variabilidade nos efeitos das leveduras sobre a produção de metano em diferentes estudos (Wang *et al.*, 2016; Mao *et al.*, 2016).

pH

O pH variou entre as cepas de leveduras dentro da RTM (P < 0.05; Figura 2). O tratamento com *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell®) teve o pH mais alto em comparação com as cepas de *Pichia guilliermondii* (Levica 27) e *Candida norvegensis* (Levazoot 15).

As dietas com restolho de milho mantiveram o pH em torno de 6.4, o que é típico de substratos fibrosos (Marrero *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2016). Esses resultados sugerem a atividade de bactérias metanogênicas, que utilizam H₂ e CO₂, contribuindo assim para estabilizar o pH ruminal (Galindo *et al.*, 2010).

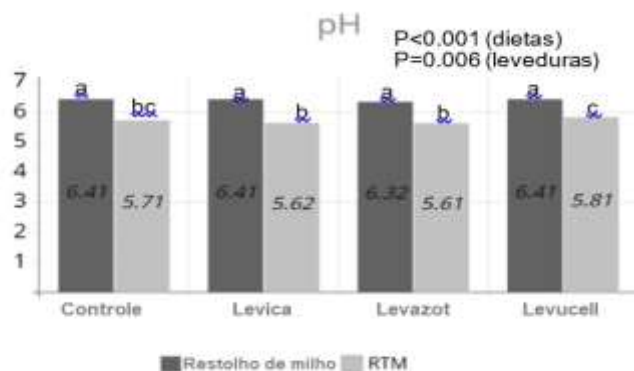


Figura 2. pH às 24 horas da fermentação ruminal *in vitro* de três cepas de leveduras com restolho de milho e uma ração total mista

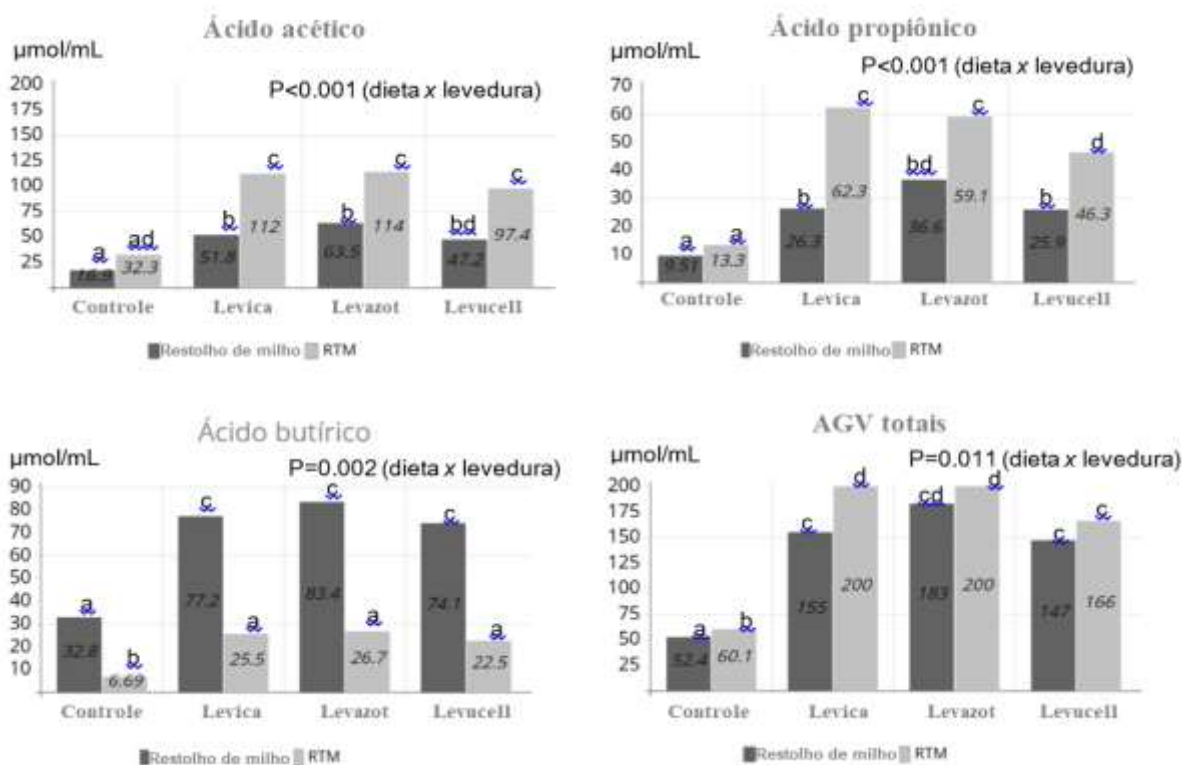
Para a RTM, o pH variou entre 5.6 e 5.8, sendo *S. cerevisiae* a que apresentou o valor mais alto (5.8). Os efeitos das leveduras sobre o pH ruminal dependem tanto da dieta



quanto da cepa (Vohra *et al.*, 2016; Anjum *et al.*, 2018). Dietas com alto teor de concentrados geralmente mostram menor acúmulo de lactato e maior estabilidade do pH com a suplementação de leveduras (Chaucheyras-Durand & Fonty, 2008). Isso ocorre porque os cultivos de levedura são ricos em ácidos orgânicos (principalmente ácido málico) que estimulam o crescimento de *Selenomonas ruminantium*, uma bactéria ruminal que consome o ácido láctico produzido no rúmen e, portanto, contribui para a estabilização do pH nesse órgão (Elghandour *et al.*, 2015).

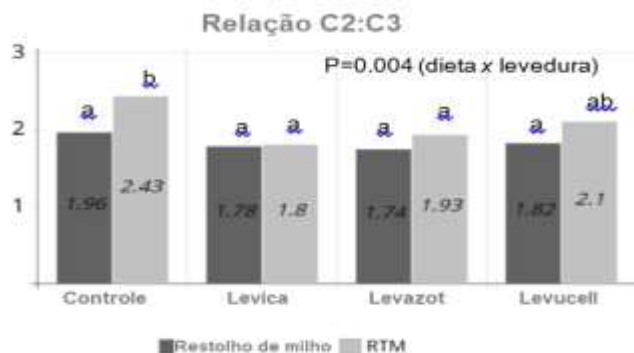
Ácidos graxos voláteis

A interação entre levedura e dieta foi diferente ($P < 0.05$) para as concentrações totais de ácidos graxos voláteis (AGV, Figura 3). A inclusão de leveduras aumentou a concentração total de AGV. Por sua vez, as concentrações molares de acetato, propionato e butirato foram maiores ($P < 0.05$) na presença das leveduras. Por outro lado, a relação C2:C3 diminuiu ($P < 0.05$) com as cepas Levica 27 e Levazoot 15 na RTM, mas não se modificou ($P > 0.05$) nos tratamentos com restolho de milho (Figura 4).



abc Médias (n = 32) com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa com $P < 0.05$. RTM: ração total mista; Controle: meio de fermentação sem leveduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazoot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*

Figura 3. Produção de ácidos graxos voláteis (AGV) às 24 horas da fermentação ruminal *in vitro* de três cepas de leveduras com restolho de milho e uma ração total mista



^{abc}Médias (n = 32) com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa com $P < 0.05$. RTM: ração total mista; Controle: meio de fermentação sem leveduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazoot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*

Figura 4. Relação acético:propiónico (C2:C3) às 24 horas da fermentação ruminal *in vitro* de três cepas de leveduras com restolho de milho e uma ração total mista

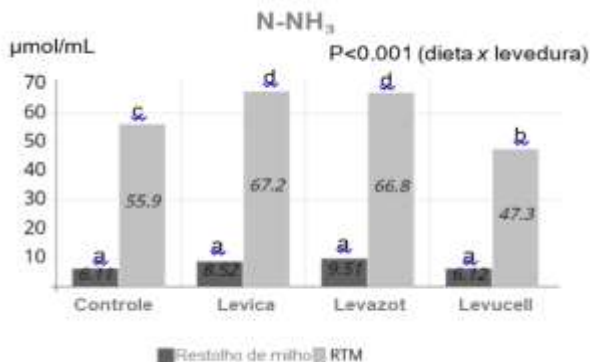
Alguns autores têm reportado resultados semelhantes, nos quais as leveduras melhoram a degradação do substrato e a produção de AGV (González *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2016).

O aumento nos AGV totais e individuais reflete uma maior degradação do substrato pela ação das leveduras. Em outros estudos, Fernandes *et al.* (2019) avaliaram a fermentação ruminal com a inclusão de leveduras isoladas do rúmen bovino, e as cepas CCMA 933 (*Candida rugosa*) e CCMA 970 (*Candida pararugosa*) mostraram melhor sobrevivência em condições ruminais e promoveram a produção de AGV durante a fermentação ruminal. O ácido butírico, uma fonte de energia essencial para os enterócitos, elevou-se favorecendo um melhor aproveitamento do alimento (Miguel *et al.*, 2019). No entanto, alguns estudos têm reportado efeitos variáveis ou nulos das cepas de leveduras sobre a produção de AGV (Marrero *et al.*, 2006; Moya *et al.*, 2009).

No ambiente ruminal, as leveduras têm vida curta e acredita-se que se degradam ou passam para o trato digestivo inferior poucas horas após sua suplementação (Kung *et al.*, 1997; Jouany, 2006). Durante sua permanência no rúmen, as leveduras contribuem para as concentrações totais e individuais de AGV, embora essa contribuição não tenha se refletido na produção de gás (Benchaar *et al.*, 2024).

Concentração de N-NH₃

Na Figura 5 observa-se que as concentrações de N-NH₃ foram mais baixas ($P < 0.05$) com restolho de milho ($6.1 \mu\text{mol mL}^{-1}$) e aumentaram com a RTM até atingir valores de $47\text{--}66 \mu\text{mol mL}^{-1}$. Levica 27 e Levazoot 15 elevaram as concentrações de N-NH₃ em comparação com os controles, o que está de acordo com uma maior atividade proteolítica (Oetzuerk, 2009).



^{abc}Médias (n = 32) com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa com $P < 0.05$. RTM: ração total mista; Controle: meio de fermentação sem leveduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazoot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*

Figura 5. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) às 24 horas da fermentação ruminal *in vitro* de três cepas de leveduras com restolho de milho e uma ração total mista

Por outro lado, *S. cerevisiae* reduziu as concentrações de N-NH₃, provavelmente devido a um aumento na síntese de proteína microbiana (Anjum *et al.*, 2018; Oeztuerk *et al.*, 2005). Como observado em outros estudos, a variabilidade nas respostas do N-NH₃ às leveduras depende da cepa e do tipo de dieta (Guedes *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2016).

CONCLUSÕES

A inclusão de aditivos à base de leveduras (Levica 27, Levazoot 15 e Levucell® SC 10) não teve efeito sobre a composição do gás (CO₂ e CH₄), a produção total de gás nem o pH quando fermentados *in vitro* restolho de milho e uma ração total mista. A produção total de AGV juntamente com as concentrações molares dos ácidos acético, propiônico e butírico aumentou com a adição de leveduras em ambos os substratos, sendo observados os melhores resultados com a ração total mista.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio de Yoandra Marrero Rodríguez, que forneceu as leveduras *Pichia* utilizadas neste estudo.



REFERÊNCIAS

- AMIN AB, Mao S. 2021. Influence of yeast on rumen fermentation, growth performance and quality of products in ruminants: A review. *Animal Nutrition*. 7:31-41. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.005>
- ANDERSON RC, Callaway TR, Van Kessel JAS, Jung YS, Edrington TS, Nisbet DJ. 2003. Effect of select nitrocompounds on ruminal fermentation; an initial look at their potential to reduce economic and environmental costs associated with ruminal methanogenesis. *Bioresource Technology*. 90(1):59-63. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00086-5)
- ANJUM MI, Javaid S, Ansar MS. 2018. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield in Nili-Ravi buffaloes. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 19:96-100. <https://doi.org/10.22099/ijvr.2018.4852>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Maryland, USA. Pp. 486. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- AROWOLO MA, He J. 2018. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition*. 4:241-249. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.010>
- BAKER LM, Kraft J, Karnezos T, Greenwood SL. 2022. The effects of dietary yeast and yeast-derived extracts on rumen microbiota and their function. *Animal Feed Science and Technology*. 294:115476. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115476>
- BENCHAAR C, Hassanat F, Yang WZ. 2024. Effects of active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), a non-ionic surfactant, or their combination on gas production, rumen microbial fermentation and methane production *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology*. 307:115844. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115844>
- BLANK R, Wolfram S. 2009. Effects of live yeast cell supplementation to high concentrate diets on the toxicokinetics of ochratoxin A in sheep. *Food Additives and Contaminants Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*. 26(1):119-126. <https://doi.org/10.1080/02652030802320600>
- BRODERICK GA, Kang JH. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*. 63:64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)



CASTILLO CY, Ruiz O, Burrola BME. 2016. Isolation and characterization of yeasts from fermented apple bagasse as additives for ruminant feeding. *Brazilian Journal of Microbiology*. 47:889-895. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.07.020>

CHAUCHEYRAS-DURAND F, Fonty G. 2008. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biologia (Bratislava)*. 61:741-750. <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0151-4>

CHAUCHEYRAS-DURAND F, Walker ND, Bach A. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. *Animal Feed Science and Technology*. 145:5-26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.019>

DESNOYERS M, Giger-Reverdin S, Bertin G, Duvaux-Ponter C, Sauvant D. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 92(4):1620-1632. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1414>

DÍAZ A, Ranilla MJ, Saro C, Tejido ML, Pérez-Quintana M, Carro MD. 2017. Influence of increasing doses of a yeast hydrolyzate obtained from sugarcane processing on *in vitro* rumen fermentation of two different diets and bacterial diversity in batch cultures and Rusitec fermenters. *Animal Feed Science and Technology*. 232:129-138. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.011>

ELGHANDOUR MM, Salem AZ, Castañeda JSM, Camacho LM, Kholif AE, Chagoyán JCV. 2015. Direct-fed microbes: A tool for improving the utilization of low quality roughages in ruminants. *Journal of Integrative Agriculture*. 14:526-533. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60834-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60834-0)

FAO. 2015. World Agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective. London, UK.

FERNANDES T, Carvalho BF, Mantovani HC, Schwan RF, Ávila CLS. 2019. Identification and characterization of yeasts from bovine rumen for potential use as probiotics. *Journal of Applied Microbiology*. 127:845-855. <https://doi.org/10.1111/jam.14350>

FOMENKY BE, Chiquette J, Bissonnette N, Talbot G, Chouinard PY, Ibeagha-Awemu EM. 2017. Impact of *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCMI-1079 and *Lactobacillus acidophilus* BT1386 on total lactobacilli population in the gastrointestinal tract and colon histomorphology of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*. 234:151-161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.019>

GALINDO J, Marrero Y, González N, Sosa A, Miranda AL, Aldana AI et al. 2010. Efecto de preparados con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y Levica-25 viables en los metanógenos y metanogénesis ruminal *in vitro*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44:273-279. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015664010.pdf>



GALYEAN ML. 1980. Analysis of volatile fatty acids in rumen fluid. In: Laboratory procedures in animal nutrition research, pp. 161-162. Animal Nutrition Laboratory, Department of Animal and Food Science, Texas Tech University, Lubbock, USA. https://www.depts.ttu.edu/agriculturalsciences/VetSci/research/galyean/lab_man.pdf

GONZÁLEZ MB, Ruiz-Barrera O, Castillo F, Castillo-Castillo Y. 2023. Effect of live yeasts (*Pichia guilliermondii*) on *in vitro* fermentation of corn stover as a fibrous substrate. *Fermentation*. 9:17. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010017>

GUEDES CM, Gonçalves D, Rodrigues MAM, Dias-da-Silva A. 2008. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Animal Feed Science and Technology*. 145:27-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.037>

IKHIMIOYA I. 2008. Acceptability of selected common shrubs/tree leaves in Nigeria by West African Dwarf goats. *Livestock Research for Rural Development*. 20:e20090. <https://www.lrrd.org/lrrd20/6/ikhi20090.htm>

JOUANY JP. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science*. 96:250-264. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.005>

KUNG JL, Kreck EM, Tung RS, Hession AO, Sheperd AC, Cohen MA et al. 1997. Effects of a live yeast culture and enzymes on *in vitro* ruminal fermentation and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80:2045-2051. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76149-6)

LARA EC, Bragiato UC, Rabelo CHS, Messana JD, Reis RA. 2018. Inoculation of corn silage with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* associated with amylolytic enzyme supply at feeding. 1. Feed intake, apparent digestibility, and microbial protein synthesis in wethers. *Animal Feed Science and Technology*. 243:22-34. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.004>

LEICESTER HCW, Robinson PH, Erasmus LJ. 2016. Effects of two yeast-based direct-fed microbials on performance of high producing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 215:58-72. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.003>

LIANG J, Nabi M, Zhang P, Zhang G, Cai Y, Wang Q et al. 2020. Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 134:10335. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110335>



LIU S, Shah AM, Yuan M, Kang K, Wang Z, Wang L et al. 2022. Effects of dry yeast supplementation on growth performance, rumen fermentation characteristics, slaughter performance and microbial communities in beef cattle. *Animal Biotechnology*. 33:1150-1160. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1878204>

MAO SY, Huo WJ, Zhu WY. 2016. Microbiome–metabolome analysis reveals unhealthy alterations in the composition and metabolism of ruminal microbiota with increasing dietary grain in a goat model. *Environmental Microbiology*. 18:525-541. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12724>

MARRERO Y, Galindo J, Elias A, Moreira O, Cueto M. 2006. Efecto de preparados biológicos con levaduras viables en la población microbiana ruminal e indicadores fermentativos en vacas que consumen dietas fibrosas. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 40:339-348. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017723013.pdf>

MARRERO Y, Burrola-Barraza ME, Castillo Y, Basso LC, Rosa CA, Ruiz O, González-Rodríguez E. 2013. Identification of *Levica* yeasts as a potential ruminal microbial additive. *Czech Journal of Animal Science*. 58:460-469. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/101977.pdf>

MARRERO Y, Ruiz O, Corrales A, Jay O, Galindo J, Castillo Y. 2014. *In vitro* gas production of fibrous substrates with the inclusion of yeast. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 48:119-123. <https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/468/435>

MARRERO Y, Rodríguez R, Torres V, Jay O, Galindo J. 2020. Effect of yeasts on the production of gas from *Cynodon nlemfuensis* in an *in vitro* rumen incubation. *Livestock Research for Rural Development*. 32:1-3. <https://www.lrrd.org/lrrd32/1/ymarr32001.html>

MARRERO RY, Lucas RC, Pecanha MRSR, Abdalla AL, González IN. 2021. Study of the inclusion of yeasts in the ruminal fermentation of Tifton hay. *Multidisciplinary Science Journal*. 3:e2021020. <https://doi.org/10.29327/multiscience.2021020>

MENKE KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*. 93(1):217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>

MIGUEL MA, Lee SS, Mamuad LL, Choi YJ, Jeong CD, Son A et al. 2019. Enhancing butyrate production, ruminal fermentation and microbial population through supplementation with *Clostridium saccharobutylicum*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 29:1083-1095. <https://doi.org/10.4014/jmb.1905.05016>



MOYA D, Calsamiglia S, Ferret A, Blanch M, Fandiño JI, Castillejos L et al. 2009. Effects of dietary changes and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen microbial fermentation of Holstein heifers. *Journal of Animal Science*. 87:2874-2881. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1446>

OEZTURK H, Schroeder B, Beyerbach M, Breves G. 2005. Influence of living and autoclaved yeasts of *Saccharomyces boulardii* on *in vitro* ruminal microbial metabolism. *Journal of Dairy Science*. 88:2594-2600. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72935-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72935-0)

OEZTURK H. 2009. Effects of live and autoclaved yeast cultures on ruminal fermentation *in vitro*. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 18:e2009. <https://doi.org/10.22358/jafs/66378/2009>

PHESATCHA K, Phesatcha B, Wanapat M, Cherdthong A. 2020. Roughage to concentrate ratio and *Saccharomyces cerevisiae* inclusion could modulate feed digestion and *in vitro* ruminal fermentation. *Veterinary Sciences*. 7:e151. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040151>

PILAJUN R, Wanapat M. 2018. Chemical composition and *in vitro* gas production of fermented cassava pulp with different types of supplements. *Journal of Applied Animal Research*. 46:81-86. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1261029>

RAMOS S, Tejido ML, Martinez ME, Ranilla MJ, Carro MD. 2009. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage-to-concentrate ratio and type of forage. *Journal of Animal Science*. 87:2924-2934. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1938>

RUIZ O, Castillo Y, Arzola C, Burrola E, Salinas J, Corral A et al. 2016. Effects of *Candida norvegensis* live cells on *in vitro* oat straw rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29:211. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0166>

SALINAS CHJ, Arzola-Alvarez C, Hume ME, Fonseca M, Ruiz-Barrera O, Castillo-Castillo Y et al. 2024. Influence of medium chain fatty acids on selected microbes and on *in vitro* ruminal fermentation of air-exposed corn silage. *Frontiers in Veterinary Science*. 11:e1416695. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1416695>

VALLEJO-HERNÁNDEZ LH, Elghandour MMY, Greiner R, Uchenna Y, Rivas-Cáceres RR, Barros-Rodríguez M et al. 2018. Environmental impact of yeast and exogenous xylanase on mitigating carbon dioxide and enteric methane production in ruminants. *Journal of Cleaner Production*. 189:40-46. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.310>



VAN SOEST PV. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VOHRA A, Syal P, Madan A. 2016. Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*. 219:31-47. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019>

WANG Z, He Z, Beauchemin KA, Tang S, Zhou C, Han X et al. 2016. Evaluation of different yeast species for improving *in vitro* fermentation of cereal straws. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29:230. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0188>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>