**Capítulo 5**

**Aplicación de los coproductos de proteína fermentada de maíz en la alimentación de ganado lechero y de engorde**

# Introducción

No se ha evaluado exhaustivamente el uso de los coproductos de proteína fermentada de maíz (CFP) en las dietas de ganado de engorde y lechero, aunque sí se han determinado los valores de energía y de digestibilidad de la proteína, además de que se han notificado resultados positivos con la alimentación de estas proteínas en terneros de engorde en crecimiento y vacas lecheras lactantes. Las siguientes secciones resumen la degradabilidad de la materia seca (MS), la proteína cruda (PC) y la fibra neutrodetergente (FND), junto con la de la energía metabolizable (EM), la energía neta (EN), los perfiles de aminoácidos y de ácidos grasos de algunas fuentes de proteína fermentada de maíz.

# Perfil de nutrientes de los coproductos de proteína fermentada de maíz para ganado de engorde y lechero

## Composición nutricional

Se llevó a cabo un estudio de digestibilidad *in vitro* para comparar la degradabilidad de la MS, FND y PC de una fuente de proteínas fermentadas de maíz (A+ Pro), una fuente de levadura hidrolizada (Ultramax), una fuente de HP-DDGS y dos fuentes comunes de DDGS convencionales (Palowski et al., 2021). La levadura hidrolizada presentó una degradabilidad de la MS comparable con las dos fuentes de DDGS, las cuales fueron mayores que para las fuentes de proteínas fermentadas de maíz y HP-DDGS evaluadas (**cuadro 1**). La degradabilidad de la FND de las fuentes de levadura hidrolizada y proteínas fermentadas de maíz fue menor que en las de HP-DDG y DDGS; de hecho, fue negativa para la levadura hidrolizada debido al tamaño de partícula fino y a la pérdida a través de las bolsas de filtrado durante la incubación. La proteína degradable y no degradable en el rumen fue similar entre los coproductos de maíz. La proteína degradable en el intestino estimada y la proteína total digestible de la dieta fueron similares entre todos los coproductos, excepto en la levadura hidrolizada que fue la más baja. Se llevaron a cabo análisis nutricionales adicionales y variaciones de muestra de proteínas fermentadas de maíz (NexPro) para incluir otros carbohidratos, minerales, ácidos grasos y aminoácidos (**cuadro 2**).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 1.** Degradabilidad ruminal de la FND, degradabilidad de la materia seca total in vitro, degradación de la proteína en el rumen y de la proteína en el intestino de los coproductos de maíz (adaptado de Palowski et al., 2021) | | | | | |
| **Medición, %** | **CFP**  **A+ Pro** | **Levadura hidrolizada**  **Ultramax\*** | **HP-DDG** | **DDGS Dakota Gold** | **Energía absoluta de DDGS** |
| Degradabilidad de la FND1 | 24 | -8 | 53 | 62 | 79 |
| FND degradable | 4 | -1 | 24 | 16 | 30 |
| FND no degradable | 14 | 7 | 21 | 10 | 8 |
| Degradabilidad de la MS total in vitro2 | 86 | 93 | 79 | 90 | 92 |
| Proteína no degradable en el rumen | 57 | 52 | 59 | 55 | 56 |
| Proteína degradable en el intestino estimada | 74 | 52 | 80 | 68 | 77 |
| Proteína degradable en el rumen3 | 43 | 48 | 41 | 45 | 44 |
| Proteína de la dieta que se absorbe en el intestino4 | 43 | 27 | 47 | 38 | 43 |
| Proteína total digestible de la dieta5 | 85 | 75 | 88 | 82 | 87 |

1Degradabilidad de la fibra neutrodetergente determinada después de una incubación de 48 horas.

2Degradabilidad de la materia seca in vitro determinada después de una incubación de 48 horas.

3Proteína degradable en el rumen = 100 - proteína no degradable en el rumen.

4Proteína de la dieta que se absorbe en el intestino = proteína no degradable en el rumen × proteína degradable en el intestino estimada.

5Proteína total digestible de la dieta = proteína degradable en el rumen + proteína de la dieta que se absorbe en el intestino.

\*Es probable que los valores negativos de degradabilidad se deban al tamaño de partícula pequeño de este coproducto, lo cual resultó en la pérdida de producto a través de las bolsas de filtrado durante la incubación.

|  |  |
| --- | --- |
| **Cuadro 2.** Composición de nutrientes y variabilidad de una fuente de proteína fermentada de maíz (NexPro) de 10 muestras obtenidas en las mismas instalaciones de producción, (Fairmont, NE, adaptado a partir de datos inéditos de la Universidad de Nebraska proporcionados con la autorización de POET) | |
| **Medición, % de materia seca** | **Promedio ± Desv. estándar** |
| Materia seca | 92.1 + 2.57 |
| Proteína cruda | 53.6 + 1.13 |
| Proteína soluble | 4.52 + 0.82 |
| Proteína cruda neutrodetergente insoluble | 5.00 + 2.22 |
| Proteína cruda ácidodetergente insoluble | 3.73 + 1.46 |
| aFND (determinada mediante α-amilasa y sulfito sódico) | 31.2 + 3.53 |
| Fibra ácidodetergente | 19.2 + 2.43 |
| Lignina | 1.96 + 0.76 |
| Azúcar | 1.25 + 0.39 |
| Almidón | 1.47 + 0.28 |
| Extracto etéreo | 5.81 + 0.46 |
| ***Minerales*** | |
| Cenizas, % | 3.47 + 0.37 |
| Ca, % | 0.03 + 0.01 |
| P, % | 0.72 + 0.16 |
| Mg, % | 0.22 + 0.08 |
| K, % | 0.52 + 0.26 |
| S, % | 0.71 + 0.10 |
| Na, % | 0.12 + 0.03 |
| Cl, % | 0.08 + 0.01 |
| Fe, mg/kg | 120 + 12.9 |
| Mn, mg/kg | 16.7 + 7.51 |
| Zn, mg/kg | 116 + 67.8 |
| Cu, mg/kg | 3.80 + 0.98 |
| ***Ácidos grasos, % de materia seca*** | |
| Ácidos grasos totales | 7.17 + 0.50 |
| C14:0 | 0.01 + 0.005 |
| C16:0 | 1.24 + 0.09 |
| C16:1 | 0.01 + 0.003 |
| C17:0 | 0.01 + 0.003 |
| C18:0 | 0.17 + 0.01 |
| C18:1ω9 | 1.63 + 0.16 |
| C18:2ω6 | 3.87 + 0.30 |
| C18:3ω3 | 0.15 + 0.01 |
| C20:0 | 0.02 + 0.005 |
| C20:1ω9 | 0.02 + 0.005 |
| C22:0 | 0.01 + <0.001 |
| C24:0 | 0.02 + 0.005 |
| C24:1 | 0.01 + 0.007 |
| ***Aminoácidos. % de materia seca*** | |
| Arg | 2.29 + 0.13 |
| His | 1.39 + 0.08 |
| Ile | 1.83 + 0.17 |
| Leu | 6.53 + 0.34 |
| Lys | 1.99 + 0.13 |
| Met | 1.34 + 0.09 |
| Phe | 2.81 + 0.13 |
| Thr | 2.26 + 0.10 |
| Trp | 0.62 + 0.03 |
| Val | 3.51 + 0.24 |
| Aminoácidos esenciales totales | 12.7 + 0.56 |
| Ala | 3.86 + 0.16 |
| Asp | 3.96 + 0.15 |
| Cys | 1.23 + 0.07 |
| Glu | 9.37 + 0.43 |
| Gly | 2.11 + 0.09 |
| Pro | 4.89 + 0.29 |
| Ser | 3.00 + 0.13 |
| Tyr | 2.33 + 0.10 |
| Aminoácidos no esenciales totales | 30.8 + 1.26 |
| Aminoácidos totales | 55.3 + 0.10 |

# Resumen de los estudios de alimentación con proteína fermentada de maíz en vacas lecheras lactantes

Se alimentaron vacas lactantes Jersey con dietas que contenían ensilado de maíz (40%), heno de alfalfa (18.1%), maíz molido (14.3%), harina de soya (2.66%), cascarilla de soya (8.61%), grasa (3%), urea (0.64%), vitaminas y minerales con tasas crecientes de inclusión (0, 2.64, 5.36 y 8%) de proteínas fermentadas de maíz (NexPro) para sustituir a la harina de soya con pardeamiento (oscurecimiento) no enzimático. Esto resultó en una ligera disminución en el contenido de PC (de 16.14 a 16.06%) y en un incremento en la concentración de ácidos grasos totales de las dietas, debido a que las proteínas fermentadas de maíz tenían un mayor contenido de lípidos que la harina de soya con pardeamiento no enzimático. No hubo diferencias en el consumo de oxígeno o en la producción de dióxido de carbono y de metano con los niveles crecientes de proteínas fermentadas de maíz en la dieta (**cuadro 3**). Sin embargo, hubo un efecto cuadrático sobre el cociente respiratorio, que es el volumen de dióxido de carbono liberado sobre el volumen de oxígeno absorbido en la respiración, a medida que aumentaban los niveles de proteínas fermentadas de maíz en la dieta. También hubo una tendencia cuadrática del consumo de MS y una tendencia lineal de mayor rendimiento de leche a medida que aumentaban las tasas de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta (**cuadro 4**). Además, hubo incrementos lineales significativos en la producción de leche corregida por energía (LCE), LCE por consumo de materia seca, concentración, y rendimiento de grasa láctea y concentración y rendimiento de lactosa conforme aumentaban los niveles de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta (**cuadro 4**). No obstante, aunque no se observaron diferencias en la concentración de proteína láctea y el nitrógeno ureico en leche, hubo una tendencia lineal de mayor rendimiento de la proteína láctea conforme las vacas consumían mayores cantidades de proteínas fermentadas de maíz. Estos resultados indican que la alimentación con hasta 8% de proteínas fermentadas de maíz de materia seca de la dieta en vacas lecheras lactantes resulta en mejoras en la producción y composición de la leche así como en la eficiencia en el uso de energía.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 3.** Consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono y de metano, cociente respiratorio y utilización de la energía de vacas Jersey lactantes alimentadas con cantidades crecientes de proteínas fermentadas de maíz (NexPro; adaptado de datos inéditos de la Universidad de Nebraska con la autorización de POET) | | | | |
| **Medición** | **0% CFP** | **2.64% CFP** | **5.36% CFP** | **8% CFP** |
| ***Gases, L/d*** | | | | |
| Consumo de O2 | 4,892 | 4,674 | 4,779 | 4,770 |
| Producción de CO2 | 4,995 | 4,861 | 4,984 | 4,869 |
| Producción de CH4 | 436 | 403 | 413 | 402 |
| Cociente respiratoriob | 1.02 | 1.04 | 1.04 | 1.02 |
| ***Energía, Mcal/Kg MS*** | | | | |
| EBa | 4.25 | 4.26 | 4.28 | 4.31 |
| ED | 2.81 | 2.84 | 2.83 | 2.83 |
| EM | 2.48 | 2.54 | 2.54 | 2.53 |
| ENL | 1.60 | 1.72 | 1.76 | 1.72 |
| ***Eficiencia de energía*** | | | | |
| EM:ED | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 0.89 |
| ENL:EMa | 0.65 | 0.68 | 0.69 | 0.68 |

a Efecto lineal (P < 0.05) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

b Efecto cuadrático (P < 0.05) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 4.** Consumo de materia seca, producción y composición de la leche, consumo de agua y calificaciones de condición corporal de las vacas Jersey lactantes alimentadas con cantidades crecientes de proteínas fermentadas de maíz (NexPro; adaptado de datos inéditos de la Universidad de Nebraska con la autorización de POET) | | | | |
| **Medición** | **0% CFP** | **2.64% CFP** | **5.36% CFP** | **8% CFP** |
| Consumo de materia seca d, kg/día | 19.2 | 19.9 | 20.7 | 19.9 |
| Rendimiento de leche b, kg/d | 27.8 | 28.6 | 29.8 | 29.0 |
| Leche corregida por energía1,a, kg/d | 34.3 | 35.7 | 37.3 | 37.4 |
| Leche corregida por energía/consumo de materia seca a | 1.80 | 1.81 | 1.81 | 1.89 |
| Proteína láctea, % | 3.35 | 3.43 | 3.40 | 3.40 |
| Proteína lácteab, kg/d | 0.93 | 0.98 | 1.01 | 0.99 |
| Grasa lácteaa, % | 5.05 | 5.18 | 5.15 | 5.47 |
| Grasa láctea a, kg/d | 1.40 | 1.46 | 1.53 | 1.58 |
| Lactosaa, % | 4.86 | 4.89 | 4.90 | 4.93 |
| Lactosaa, kg/d | 1.35 | 1.40 | 1.46 | 1.43 |
| Nitrógeno ureico en leche, mg/dL | 12.9 | 13.0 | 12.8 | 13.5 |
| Consumo libre de aguab,d, L/d | 79.0 | 90.6 | 84.7 | 80.9 |
| Peso corporal, kg | 436 | 440 | 440 | 439 |
| Calificación de condición corporal | 3.05 | 3.04 | 3.16 | 3.04 |

1Leche corregida por energía = 0.327 × rendimiento de la leche (kg) + 12.95 × grasa (kg) + 7.20 × proteína verdadera (kg).

a Efecto lineal (P < 0.05) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

b Tendencia lineal (P < 0.1) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

c Efecto cuadrático (P < 0.05) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

d Tendencia cuadrática (P < 0.1) de la tasa de inclusión de proteínas fermentadas de maíz en la dieta.

# Resumen de los estudios de alimentación con proteína fermentada de maíz en ganado de engorde en crecimiento

Wiseman et al. (2020) llevaron a cabo un estudio de desempeño del crecimiento en terneros híbridos de 250 kg para comparar los efectos de suplementar proteínas fermentadas de maíz (NexPro), SoyPass (harina de soya con pardeamiento no enzimático) y harina de soya en niveles crecientes de la dieta (0, 4.5, 9, 13.5 y 18%) como suplemento de proteína en las dietas a base de ensilado de maíz. En comparación con la alimentación de una dieta control, los terneros alimentados con 18% de SoyPass, proteínas fermentadas de maíz y harina de soya tuvieron un mejoramiento en la GDP del 56, 42 y 32% respectivamente y una mejor relación ganancia:alimento del 33, 26 y 23%, respectivamente. Estos resultados indican que se mejora el desempeño del crecimiento al suplementar con proteínas fermentadas de maíz, SoyPass y harina de soya en dietas a base de ensilado de maíz en terneros de engorde, y que las mayores mejoras se observaron al alimentar proteínas fermentadas de maíz y SoyPass en comparación con la harina de soya, lo cual indica que los primeros tienen un contenido similar, pero mayor, de proteína no degradable en el rumen que esta última.

# Conclusiones

La proteína fermentada de maíz es una excelente proteína no degradable en el rumen y fuente de energía para vacas lecheras lactantes, cuya alimentación de hasta 8% de materia seca de la dieta mejora la producción y composición de la leche, así como la eficiencia de uso de la energía. En la dieta de terneros de engorde en crecimiento es posible mejorar el desempeño del crecimiento al suplementar con proteínas fermentadas de maíz, SoyPass y harina de soya en dietas a base de ensilado de maíz, con mayores mejoras con proteínas fermentadas de maíz y SoyPass que con la harina de soya, lo cual indica que estos ingredientes tienen un contenido similar, pero mayor de proteína no degradable en el rumen que la harina de soya.

# Bibliografía

Kononoff, P.J. Feed characterization and studying the effects of a novel corn milling co-product (NexPro) on milk production, composition and nitrogen and energy utilization in lactating dairy cows. Unpublished study with permission for use granted by POET.

Palowski, A., Z. Yang, J. Jang, T. Dado, P.E. Urriola, and G.C. Shurson. 2021. Determination of in vitro dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn coproducts for swine and ruminants. Transl. Anim. Sci. 5:1-14. doi:10.1093/tas/txab055

Wiseman, A.R., Z.E. Carlson, L.J. McPhillips, A.K. Watson, G.E. Erickson, and S.L. Tilton. 2020. Evaluation of RUP content of Nexpro dried distillers grains plus solubles and their effect on growing calf performance in corn silage based diets. The Board of Regents of the University of Nebraska, Nebraska Beef Cattle Report, p. 38-40.