



Microbiología y fermentación del ensilado de maíz: sus efectos en la calidad nutricional

Las bacterias ácido-lácticas son esenciales en el proceso de fermentación del maíz. Según el estado de maduración, la temperatura, la humedad, el pH y otras condiciones ambientales tendremos un número u otro. En el siguiente estudio analizamos cuáles son los números correctos para cada variable con el fin de obtener una calidad nutricional óptima en nuestro ensilado.

Alexandre Udina
Director técnico de Adial
alexudina@adial.es

En el forraje de maíz hay una microbiota propia, que denominamos 'epifítica', con recuentos variables de bacterias y hongos. Esta composición variable de microorganismos en el forraje fresco será totalmente diferente a la que hay durante el proceso de fermentación o en el producto final ensilado. Las bacterias aerobias son las predominantes en el forraje fresco, pero no tienen ningún efecto en el proceso de ensilaje y son inhibidas con el cierre del silo; en cambio, las bacterias

ácido-lácticas (BAL) son las esenciales para la fermentación y, según el estado de maduración, la temperatura, la humedad, el pH y otras condiciones ambientales tendremos un número u otro. En el maíz (*Zea mays*) puede haber recuentos de BAL de hasta 107 ufc/g.

Esta microbiota se modifica durante el proceso de fermentación, donde hay una bajada de pH (acidificación) por la transformación de los carbohidratos solubles (WSC) en láctico.

Un estudio de Piltz (2004) concluye que debería haber >2,5 % de carbohidratos solubles (sobre MS) en el forraje de maíz como sustrato para la fermentación láctica.

Las bacterias lácticas que se multiplican en esta fase de acidificación del ensilado son *lactobacillus*, *pediococcus*, *leuconostoc*, *enterococcus*, *lactococcus* y *streptococcus*. Según su capacidad de fermentar la hexosa en láctico, se dividen en **homofermentativas**, que producen solo láctico, y en **heterofermentativas**, que



► LA PRESENCIA DE CLOSTRIDIOS Y BACILOS EN EL ENSILADO SE DEBE A UNA CONTAMINACIÓN DE TIERRA (CENIZAS) O PURINES, Y A QUE LA BAJADA DE PH NO HA SIDO LA CORRECTA (DEL PH INICIAL DE 6 A UN PH EN TORNO A 4 SEGÚN LA MS)

Tabla 1. Típicas poblaciones bacterianas y fúngicas en forrajes antes de ensilar

Grupo de microorganismos epifíticos	Ufc/g forraje fresco
Bacterias aerobias totales	>10.000.000
Bacterias ácido-lácticas (BAL)	10-1.000.000
Levaduras	1.000-100.000
Mohos	1.000-10.0000
Clostridios (endosporas)	100-1.000
Bacilos (endosporas)	100-1.000
Bacterias ácido-acéticas	100-1.000
Enterobacterias	1.000-1.000.000
Bacterias ácido-propiónicas	10-100

F. Driehuis et al. (2003)

producen además de láctico, acético, etanol y CO₂. Se debe considerar que ahora algunas especies del género *Lactobacillus* han pasado al nuevo género *Lentilactobacillus*, de modo que deberemos empezar a hablar de *Lentilactobacillus plantarum* o de *Lentilactobacillus buchneri*....

La presencia de clostridios y bacilos en el ensilado se debe a una contaminación de tierra (cenizas) o purines, y a que la bajada de pH no

ha sido la correcta (del pH inicial de 6 a un pH en torno a 4 según la MS). Si hay una correcta acidificación, se inhiben estas bacterias y no podrán multiplicarse en el ensilaje.

También hay un cambio en el tipo de levaduras del forraje aeróbico a las presentes en el ensilado, ya que solo algunas levaduras tipo *Candida*, *Hansenula*, *Pichia*, *Trichosporon*, *Geotrichum* o *Saccharomyces* estarán presentes en el silo, representando menos

del 10 % del total de levaduras que había en el forraje fresco. Para los mohos sucede algo parecido y desaparecen los aeróbicos para dar paso a las especies tolerantes o microaerofílicas, como *Byssoschlamys nivea*, *Monascus ruber* o *Penicillium roqueforti*, siempre que haya alguna traza de O₂.

Según el tipo de fermentación, nos dará distintos ácidos, alcoholes y otras sustancias (ver tabla 2, pag. sig.). ►►

LUCAS

AUTOSPIRE
MEZCLADORA AUTOPROPULSADA 12 - 24 M3

- > FRESA 200 CV ANCHURA 2M
- > CINTA DE DISTRIBUCIÓN TRASERA DERECHA E IZQUIERDA
- > 3 MODOS DE AVANCE: SILO, TRABAJO, CAMINO
- > VELOCIDAD 40 KM/H

PARA TODA LA INFORMACIÓN,
CONTACTE CON NUESTRO
REPRESENTANTE DE VENTAS:
JORDAN VARAGNE - 0033 607 647 735

WWW.LUCASG.COM CONTIGO TODOS LOS DÍAS

► EN LA MEZCLA UNIFEED EL TOTAL DE ÁCIDOS DEBE SER <6 % Y EL CONTENIDO EN LÁCTICO <4 %

TRANSFORMACIÓN DE NUTRIENTES DURANTE LA FERMENTACIÓN

La fase anaeróbica (fermentación) y su prolongación en el tiempo provoca cambios en los valores nutricionales del maíz, con una transformación de carbohidratos solubles en agua a láctico, una mejora en la digestibilidad del almidón, un aumento de la proteína soluble y del amoníaco, y pocos cambios en la digestibilidad de la fibra.

En el sistema de formulación del CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) hay que determinar los ácidos carboxílicos de la fermentación, ya que estos se asignan a las fracciones de carbohidratos A1 y A2.

En los ensilados de maíz, el contenido de acético debe ser entre el 1,5 y el 3,5 % sms, el butírico por debajo del 0,3 % (y siempre mejor si es 0) y el ácido láctico entre el 2 y el 8 % sobre MS. Así en la mezcla *unifeed* el total de ácidos debe ser <6 % y el contenido en láctico <4 %.

Este fraccionado de carbohidratos permite calcular las ratios de digestibilidad (Kd), estimar energía, síntesis de proteína microbiana y proteína metabolizable. De hecho, es una forma muy parecida de diferenciar fracciones de carbohidratos, igual que se hace con el fraccionado de proteína, para poder luego interpretar ambos fraccionados como pueden estar interconectados a nivel de fermentación en el rumen.

Las proteínas hidrofóbicas (proteínas *zein*), que encapsulan parte del almidón del maíz, se solubilizan en ácido láctico y en ácido acético, y son degradadas mediante la actividad proteolítica del ensilado, liberando así el almidón, que será mucho más accesible a las bacterias del rumen.

Tabla 2. Tipos de fermentación

Tipo de fermentación silo maíz	Productos	Recuperación MS/energía
Homoláctica	Láctico	100/99
Heteroláctica	láctico, acético, CO ₂	76/98
Butírica (clostridios)	Butírico, NH ₃ , aminas, CO ₂	49/82
Acética (enterobacterias)	Acético, etanol, NH ₃ , CO ₂	95/83
Alcohólica (levaduras)	Etanol, CO ₂	51/99

Tabla 3. Fraccionado de carbohidratos del modelo CNCPS

Fracciones	Composición	Cálculo/análisis
CHO	Carbohidratos	= 100-PB-GB-cenizas
aFNDom	FND sin cenizas aplicando amilasa	aFNDom
CNF-1	Carbohidratos no fibrosos	= CHO-aFNDom
CNF-2	Carbohidratos no fibrosos ajustados por contenido proteína en aFNDom	= CHO -aFNDom · NDIP
A1	Ácidos grasos volátiles (AGCV)	Acético, propiónico y butírico
A2	Ácido láctico	láctico
A3	Otros ácidos orgánicos	Otros ácidos orgánicos
A4	Carbohidratos solubles agua (WSC)	Azúcares y fructanos
B1	Almidón	Almidón
B2	Fibra soluble	= NFC-A1-A2-A3-A4-B1
B3	Fibra soluble potencial	= aFNDom - C
C	Fibra no digestible	= (lignina*2,4) o uFND240h

NDIP: ND-proteína insoluble; uFND: indigestible fibra neutro detergente; aFNDom: fibra neutro detergente sin cenizas aplicando enzima amilasa

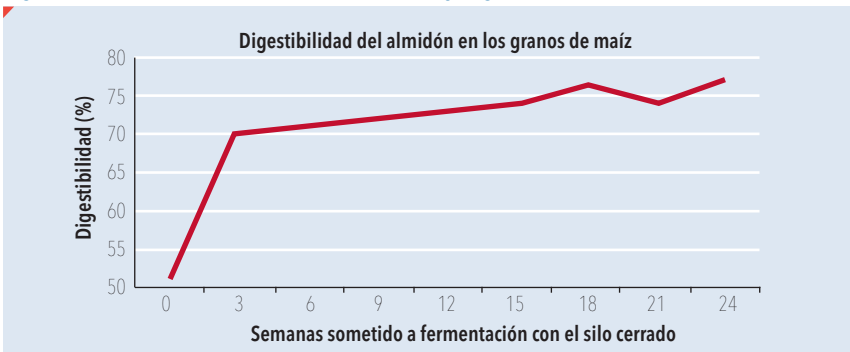
A medida que avanza el tiempo, se hace más digestible el almidón, pasando de un 50-60 % en el momento de la cosecha a un 85-88 % a los ocho meses de ensilado, aunque se considera que el valor óptimo ya se alcanza a partir de los cuatro meses de cierre del silo.

Las prolaminas forman una matriz estructural alrededor del almidón y es la acción de las bacterias lácticas que liberan enzimas proteolíticos lo que tiene mayor impacto en la solubilización de estas; también hay un efecto de enzimas

endógenas que tiene el grano, mientras que el efecto de los ácidos de la fermentación es menor.

La degradabilidad del almidón (almidón *bypass* 7 h) se determina en un test *in vitro* en fluido ruminal, y para el silo de maíz el porcentaje de almidón resistente es de entre el 12 y el 22 %. Es importante manejar este valor en una ración con alto contenido de almidón, para evitar problemas de acidosis en rumen o si hay un excesivo paso a intestino del almidón que no provoque problemas de intestino permeable (*leaky gut*). ►►

Figura 1. Semanas de cierre del silo de maíz y digestibilidad del almidón (%)





VENTAJAS

- Paja más digestible
- Mejora la mezcla de la ración
- Mayor aprovechamiento
- Compatible para camas
- Mayor Bienestar Animal
- Mejor calidad de estiércol debido a su degradación
- Más fácil y económico de transportar



CARACTERÍSTICAS

- Bajo contenido en K+ (POTASIO)
- Fibra de 2-5 cm aprox.
- Paja picada de trigo y cebada
- Formato: +/-600kg / 1,20 x 0,70 x 2,35m
- Atado: 5 alambres
- Libre de piedras, cuerpos extraños y polvo al 90%.



CERTIFICADOS

Nuestros certificados garantizan la calidad, seguridad y eficiencia de nuestros productos



C/Las adoberas S/N, 09239
Arenillas de Muño, Burgos España



Tel. +34 947 411 333
Móvil. +34 608 294 699



nual@agronual.es
www.agronual.es

► LA DEGRADABILIDAD DEL ALMIDÓN (ALMIDÓN BYPASS 7 H) SE DETERMINA EN UN TEST *IN VITRO* EN FLUIDO RUMINAL, Y PARA EL SILO DE MAÍZ EL PORCENTAJE DE ALMIDÓN RESISTENTE ES DE ENTRE EL 12 Y EL 22 %

Tabla 4. Correlación de fracciones de proteína y su fermentación ruminal con la fermentación de los carbohidratos

Fracciones proteína CNCPS		V fermentación ratio/hora	Productos de fermentación	Problemas ruminales	Interconexión con la fermentación carbohidratos
A1	Urea, NPN	200 %	NH ₃	Alcalosis ruminal, urea en leche	Bacterias fermentan CF
A2	Péptidos, AA	100 %	NH ₃ , péptidos y AA	Alcalosis ruminal, urea en leche	Bacterias fermentan CF y CNF
B1	Proteínas	5 % - 100 %	NH ₃ , péptidos y AA	Alcalosis ruminal, urea en leche	Bacterias fermentan CF y CNF
B2	NDIP - ADIP	0 % - 1,5 %	AA		No favorece
C	uNDF	0 %	0		No favorece

La digestibilidad de la fibra neutro detergente (FND) concuerda con la degradabilidad en rumen, ya que es el principal lugar para su digestión, mientras que en el intestino delgado es casi inexistente ninguna digestión de FND y en el intestino grueso aún puede degradarse (digerise) un 5-20 % de la FND. En cuanto a la digestibilidad de la FND, se valora a las 30 h, 120 h y 240 h (este valor se usa para determinar la FND indigestible o no degradable). La digestibilidad a 30 h se expresa en porcentaje del total de FND; para el ensilado de maíz los valores serían para FND30 (%FND), del 40-60 % y para FND240 (%FND), del 65-85 %.

En cuanto a la proteína, aunque los valores en el silo de maíz son relativamente bajos, hay una proteólisis y cambios en el fraccionado de esta, con un aumento de la proteína soluble y del amoníaco con el tiempo de fermentación. Durante el ensilado, hay una degradación de aminoácidos por la acción de clostridios proteolíticos que produce NH₃, pero también las bacterias lácticas pueden degradar aminoácidos y formar amoníaco, al igual que se

puede formar a partir del nitrato de la planta, siendo estas dos últimas causas frecuentes de amoníaco alto en el ensilado de maíz, donde las condiciones no son las más favorables para los clostridios.

La calidad nutricional va ligada a la calidad higiénica del ensilado de maíz, donde se debe controlar que no haya niveles altos ni de micotoxinas ni de aminos biógenas, y, sobre todo, que la estabilidad aeróbica sea la correcta para evitar pérdidas de MS que son pérdidas de nutrientes. Con la entrada de aire en el ensilado, hay una multiplicación de levaduras que son lactato-asimiladoras, es decir, consumen láctico, lo que provoca un aumento del pH del silo; así van a crecer mohos y bacterias y hay un proceso de degradación por consumo de nutrientes con liberación de CO₂, que es lo que calienta el silo.

También hay que valorar los efectos sobre la calidad nutricional que tienen los alcoholes (etanol, metanol, butanol, propanol...) que se producen en las distintas fermentaciones, así como la posible formación de ésteres (la reacción de un



Penicillium roqueforti en silo de maíz



La calidad nutricional va ligada a la calidad higiénica del ensilado

alcohol con un ácido carboxílico, por ejemplo el etil lactato: etanol + ácido láctico). Estos compuestos volátiles reducen apetencia y digestibilidad del ensilado de maíz, y, al igual que otros VOC, se deben considerar los valores analíticamente (valor aceptable <200 mg/kg sms de la suma etil lactato + etil acetato).

Como el desencadenante son los niveles altos de etanol, se indica también un máximo aceptable para el etanol de <15 g/kg sms en silos de maíz. ■

KOFASIL®

PARA ENSILADOS DE MAÍZ FORRAJERO Y GRANOS HÚMEDOS

CON INOCULANTES BACTERIANOS Y ADITIVOS A BASE DE SALES PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD AERÓBICA



adial
Feed Additives

+34 972 546 155

adial@adial.es

www.adial.es