

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

COMPARACION DEL EFECTO DEL INHIBIDOR DE HONGOS
LIQUIDO Y SOLIDO A BASE DE ACIDO PROPIONICO
EN MAIZ ALMACENADO



Como requisito previo a optar el título de

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

GUATEMALA, MAYO DE 1999

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO Lic. Zoot. Rodolfo Chang Shum

SECRETARIO Dr. Miguel Angel Azañón

VOCAL PRIMERO Lic. Zoot. Rómulo Gramajo Lima

VOCAL SEGUNDO Dr. Otto Lima L.

VOCAL TERCERO Lic. Zoot. Eduardo Spiegeler

VOCAL CUARTO Br. Jean Paul Rivera

VOCAL QUINTO Br. Freddy Calvillo

ASESORES Lic. Zoot. Miguel Angel Rodenas Argueta

Lic. Zoot. Hugo Roberto Girón Flores

Lic. Zoot. Hugo Sebastián Peñate Moguel

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

CUMPLIENDO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO A CONSIDERACION DE USTEDES EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS TITULADO

COMPARACION DEL EFECTO DEL INHIBIDOR DE HONGOS LIQUIDO Y SOLIDO A BASE DE ACIDO PROPIONICO EN MAIZ ALMACENADO

COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

AGRADECIMIENTO A

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA DE ZOOTECNIA

MIS ASESORES

Lic. Miguel Angel Rodenas

Lic. Hugo Girón F.

Lic. Hugo Peñate M.

GRANJA EL PILAR Y HUEVOS DEL CAMPO

LABORATORIO LASER

INDICE

	Página
I. Introducción	1
II. Hipótesis	2
III. Objetivos	2
IV. Revisión de Literatura	3
4.1 Hongos	3
4.2 Micotoxinas	4
4.3 Importancia de los hongos y las micotoxinas en producción animal	5
4.4 Efecto del tipo, tiempo y condiciones de almacenaje sobre la incidencia de hongos	7
4.5 Detección y conteo de hongos y micotoxinas	8
4.6 Formas de combatirlos	9
4.7 Inhibidores de hongos a base de ácido propiónico	10
4.7.1 Ventajas	11
4.7.2 Desventajas	11
V. Materiales y métodos	12
5.1 Localización	12
5.2 Manejo del estudio	13
5.3 Análisis estadístico	14
5.4 Análisis económico	15
VI. Resultados y discusión	15
6.1 Biológicos	15
6.2 Económicos	19
VII. Conclusiones	20
VIII. Recomendaciones	21
IX. Resumen	22
X. Bibliografía	24
XI. Anexos	26

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Descripción de los tratamientos utilizados y secuencia de la toma de muestras	13
2. Resultados del recuento aeróbico de mohos y levaduras en maíz almacenado	15
3. Relación de precios de los inhibidores sólido y líquido utilizados	19
4. Costo incorporado según el contenido de maíz en alimentos balanceados para diferentes especies animales	19

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Página
1. Comportamiento del inhibidor sólido y líquido sobre el crecimiento de hongos en maíz almacenado en dos silos durante cuatro semanas	17

I. INTRODUCCION

En Guatemala los granos constituyen del 40% al 60% del contenido de los alimentos balanceados de la dieta animal utilizados en granjas, por lo que es muy importante que estos alimentos tengan calidad nutricional, microbiológica y sanitaria. Frecuentemente se detecta un alto contenido de hongos y micotoxinas tanto en los granos importados, como en los nacionales, siendo estos microorganismos y sus metabolitos perjudiciales para las explotaciones pecuarias, lo que hace necesario la implementación de medidas para evitar esta contaminación de hongos en los granos almacenados (González, s.f).

Económicamente es más rentable implementar medidas preventivas en los granos almacenados, que desechar el grano o utilizar medidas correctivas en alimentos balanceados o en los animales.

Para la conservación de la calidad del grano, es necesario evitar la proliferación de hongos, por lo tanto, la medida preventiva a implementar es el uso de inhibidores de hongos. Estos inhibidores son ácidos que cambian el pH del medio y de esta forma disminuyen el número de hongos presentes ya que tienen acción fungicida y fungistática (Wagstaff, 1988). Existen dos presentaciones, sólido (en polvo) y líquido, los cuales tienen diferente costo, pero no se conoce la diferencia en la efectividad de ambos.

Por lo anterior, se realizó la presente investigación para comparar la efectividad de ambos inhibidores utilizados en maíz almacenado en silos.

II. HIPOTESIS

Los inhibidores de hongos líquido y sólido a base de ácido propiónico que se utilizan en el maíz almacenado tienen el mismo efecto de control sobre el crecimiento de hongos.

III. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar dos presentaciones de inhibidores de hongos en maíz almacenado en el departamento de Guatemala.

3.2 ESPECIFICOS

1. Evaluar los dos inhibidores (líquido y sólido) a base de ácido propiónico cuantificando las unidades formadoras de colonias presentes (UFC) en maíz almacenado en dos silos.
2. Relacionar el precio de los inhibidores líquido y sólido utilizados, con la respuesta biológica en cuanto al nivel de UFC (Unidades formadoras de colonias)

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 HONGOS

Los hongos han sido tradicionalmente considerados como "semejantes a las plantas". Muchas especies crecen por extensión continua y formando estructuras ramificadas semejantes a yemas. Son inmóviles y sus paredes celulares son muy semejantes en espesor, composición química y estructura ultramicroscópica a las de las plantas. Crecen como células únicas (levaduras) o como colonias filamentosas multicelulares (mohos). Debido a su abundante distribución en el aire, sus esporas son frecuentemente molestos contaminantes (Davis, 1978).

De acuerdo al concepto actual, los hongos son protistas superiores que carecen de clorofila, con diámetro celular por lo general superior a los 5 micrones, tendiendo a formar filamentos y micelios. La colonia o talo puede ser uni o pluricelular en cuyas células más voluminosas es posible diferenciar membrana, citoplasma y un núcleo verdadero semejante a lo que se observa en los vegetales superiores (Ortiz, 1994).

Este grupo es la base de muchos procesos biológicos, bioquímicos e industriales, así como de contaminación microbiológica de los alimentos y materias primas de importancia económica (Ortiz, 1994).

Los diferentes géneros y especies de hongos de los cereales se dividen en hongos de campo y hongos de almacén, considerando básicamente las necesidades de humedad para su crecimiento (Ortiz, 1994).

Los hongos de almacén se caracterizan por no presentar una invasión importante antes de la cosecha, las esporas siempre están presentes donde se maneja y almacena el producto. Se desarrollan en productos con un contenido de humedad mínima de 13 a 13.5% o en humedad relativa de equilibrio entre 68 y 90%. Los principales hongos corresponden a los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Cladosporium* (González, s.f).

4.2 MICOTOXINAS

Son metabolitos producidos por hongos, los cuales crecen en productos agrícolas (cereales y leguminosas) sometidos a condiciones adversas durante el cultivo, manejo y almacenamiento. La mayoría de las toxinas se encuentran presentes en los cereales, y un aumento de ellas o de alguna en especial puede ser nocivo para todos los organismos excepto los hongos mismos (González, s.f.; Nelson, 1989).

Probablemente las toxinas más conocidas son las aflatoxinas, producidas por los hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium*, los cuales se pueden producir desde el cultivo de los cereales, el almacenamiento inadecuado (humedad del grano arriba de 14%) y la alta incidencia de grano quebrado.

Estos son factores que favorecen la formación de aflatoxinas (González, s.f). Para dicha formación es necesaria la presencia de minerales (zinc, magnesio, hierro, molibdeno), carbohidratos (glucosa y sucrosa) y fuentes de nitrógeno (Diener, 1983).

Otro grupo de toxinas que causan problemas, especialmente en el maíz, son aquellas producidas por los hongos del grupo *Fusarium*; las especies de este género se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, crecen como saprófitos sobre vegetales muertos o como parásitos en plantas vivas (González, s.f).

4.3 IMPORTANCIA DE LOS HONGOS Y LAS MICOTOXINAS EN PRODUCCION ANIMAL

En un principio, las observaciones al respecto se concentraron en el producto almacenado, pues las dos especies productoras de toxinas, *A. flavus* y *A. parasiticus*, se consideraban hongos de almacenamiento. Los principales factores que afectan el desarrollo de toxinas en el almacenamiento son: humedad, temperatura, aireación y substrato. Sin embargo, la presencia de hongos de almacenamiento en el campo demostró que los mismos factores ambientales que afectan a los hongos en condiciones de

almacenamiento, afectan en diversos grados los procesos de infección/contaminación en el campo (Lillehoj, 1986).

Si la calidad de los alimentos para animales se va a reconocer como un factor crítico para la eficiencia general de la producción animal, es preciso entender que la estabilidad microbiológica es uno de los factores primordiales que definen la calidad (Nelson, 1989).

Los alimentos que son microbiológicamente estables tienen normalmente un bajo contenido de humedad (10-12%), y por ende, no están sujetos a la degradación. Tan pronto como la humedad empieza a aumentar en los alimentos, se inicia el crecimiento de hongos seguido por el de levaduras y bacterias. Las causas principales de descomposición de los alimentos son:

- el crecimiento y la actividad de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos)
- la alta temperatura
- la humedad y la resequedad (Nelson, 1989)

Hasta la fecha se han reconocido más de 300 micotoxinas, las cuales ejercen efectos muy diversos sobre los animales, los efectos se pueden resumir probablemente en:

1. Reducción en la absorción y/o el aprovechamiento de nutrientes
2. Trastornos reproductivos
3. Disminución del consumo de alimento
4. Reducción de la inmunocompetencia (Ortiz, 1994)

4.4 EFECTO DEL TIPO, TIEMPO Y CONDICIONES DE ALMACENAJE SOBRE LA INCIDENCIA DE HONGOS

El daño mecánico hecho al grano de maíz lo hace mucho más vulnerable a la invasión de hongos de almacenamiento incluyendo *Aspergillus flavus*. Bajo cualquier condición ambiental se contaminan con mayor facilidad los granos dañados (quebrados), que los granos enteros. Las grietas y rupturas en los granos de maíz son causadas principalmente por la cosechadora y el equipo de manejo, así como también cuando el grano es horadado por insectos y éstos causan el rompimiento del pericarpio (Sauer, 1986).

La proliferación y colonización de los hongos sobre la materia orgánica depende de diversas condiciones fisicoquímicas y biológicas. La temperatura promedio para el crecimiento de hongos es de 27°C, pero existen géneros (*Aspergillus glaucus*, *Cladosporium*, *Fusarium*) que pueden desarrollarse a temperaturas inferiores a 0°C (Diener, 1983).

Es importante para su subsistencia, el tiempo de almacenamiento, la cepa y la disponibilidad de nutrientes. La presencia de oxígeno es necesaria para mantener la actividad biológica de los hongos. Los hongos no son capaces de sobrevivir en medios ácidos (Ortiz, 1994).

Almacenamiento de producto a granel

Esta etapa en el proceso de los ingredientes es también muy importante, porque aunque éstos sean de calidad se malograrán con un almacenamiento inadecuado. Se debe tomar en cuenta la limpieza

y fumigación de silos, gusanos, elevadores, tolvas; transporte, estado del equipo, presencia de insectos, roedores; rotación de inventarios, etc. (Guerra, 1992).

4.5 DETECCIÓN Y CONTEO DE HONGOS Y MICOTOXINAS

Los métodos más conocidos y usados para determinar la presencia de hongos en granos son:

- Recuento aeróbico de mohos y levaduras en placa (Davis, 1978).
- Determinación de la producción de CO₂, por medio del aparato de Däcker.

(Comunicación personal, Dr. Jacobo Pérez, BASF, Guatemala).

El contenido de hongos está dado en unidades formadoras de colonias (UFC), siendo el rango máximo permitido en grano de maíz 10,000 UFC/g (Sepck, 1984).

Se conocen diversos métodos para determinar micotoxinas, los más comunes incluyen el método de luz ultravioleta, la prueba de FAVB (fluorescencia color amarillo verdoso brillante), cromatografía de capa delgada, cromatografía líquida de alta presión, ELISA y métodos de microcolumnas (quimioabsorción) (Wilson, 1986).

Según las normas de COGUANOR, el contenido máximo de aflatoxinas permitidas en el maíz no deberá ser mayor de 20 ug/kg (20 ppb/kg) (COGUANOR, 1981).

4.6 FORMAS DE COMBATIRLOS

En un estudio realizado en Alemania en los procedimientos para minimizar la producción de micotoxinas en cereales antes de la cosecha se determinó que el desarrollo de hongos almacenados o fusaria después de la cosecha puede inhibirse secando con aire caliente o a temperatura ambiente, conservación química (ácido propiónico, urea), almacenamiento sin aire (Müller, 1989).

Control Físico

En EE.UU. se realizó un estudio en el cual se secó el maíz a temperatura alta y se determinó que el *Aspergillus flavus* es un hongo termotolerante, lo cual lo hace capaz de sobrevivir al secado a altas temperaturas. Este método también mata la semilla y la vuelve quebradiza (Sauer, 1986).

El secado a baja temperatura o a temperatura ambiente, evita que el grano se vuelva quebradizo; ya que este proceso requiere días o semanas, el maíz húmedo se ve expuesto a la posibilidad de un ataque de hongos o a la contaminación por micotoxinas antes de que alcance un nivel de humedad seguro (Sauer, 1986).

Control Químico

Los ácidos orgánicos, principalmente el ácido propiónico, fueron un éxito en el control de hongos de productos almacenados; el dióxido de sulfuro y el amoníaco fue usado también con sistemas de secado a baja temperatura. (Sauer, 1986)

La urea finamente pulverizada mezclada al maíz, al tener contacto con la humedad causa la producción de amoníaco y otros elementos de traza, esto tiene como consecuencia la inhibición de hongos (González, 1986).

4.7 INHIBIDORES DE HONGOS A BASE DE ACIDO PROPIONICO

Varios ácidos débiles son potentes inhibidores del transporte de aminoácidos. Se sabe que la forma disociada del ácido débil se difunde a través de la membrana de la célula y se ioniza en la célula produciendo protones que acidifican el contenido de la misma (Wagstaff, 1988).

El ácido propiónico posee un pronunciado efecto fungicida y fungistático. En los ámbitos del valor pH típicos para alimentos de animales situados entre 5.5 y 6.5 su eficacia es muy elevada; pero también en alimentos con valores pH altos se obtiene un buen efecto de conservación. En términos generales, el ácido propiónico puede ser considerado como no tóxico. En el rumiante es un producto final de la fermentación del rumen, también en animales monogástricos, es un compuesto fisiológico que se

presenta en el metabolismo de la degradación de innumerables ácidos grasos, del colesterol y de aminoácidos (Wagstaff, 1988).

4.7.1 VENTAJAS

Con la suplementación de ácido propiónico en cantidad suficiente se alcanzan los efectos siguientes:

- no hay pérdidas de nutrientes
- buena fluidez de los alimentos tratados

Esta técnica, utilizada para inhibir el crecimiento de moho, tiene la ventaja de necesitar poca inversión (Wagstaff, 1988).

4.7.2 DESVENTAJAS

Los ácidos, los más comúnmente usados, son corrosivos y de manejo desagradable, requiriendo áreas especiales para su preparación; son volátiles, principalmente las presentaciones en polvo, lo cual causa pérdidas del producto y aplicado en forma inadecuada puede incrementar la producción de micotoxinas. Según estudios realizados en 1979, en los EE.UU., bajas concentraciones de ácido propiónico causaron una marcada estimulación de la producción de aflatoxinas en cultivos de *Aspergillus flavus* (Hallauer, 1994).

Otra desventaja de los preservantes químicos es que las semillas tratadas pueden ser utilizadas únicamente para alimentación animal y no como semilla para siembra (Lillehoj, 1986).

El inhibidor en polvo (propionato) requiere la presencia de agua para poder reaccionar a ácido propiónico, lo cual aumenta la humedad relativa dentro del silo (Comunicación personal Lic. Hugo Girón Flores).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 LOCALIZACION

El presente trabajo se llevó a cabo en 2 plantas de alimentos para animales, localizadas una en la zona 12 de la ciudad capital, la otra en el Municipio de Fraijanes en el departamento de Guatemala, el cual se encuentra a una altitud mayor a los 1200 msnm (Simmons, 1959). Presenta las siguientes condiciones climatológicas: temperatura de 20°C a 26°C, precipitación pluvial entre 1100 y 1349 mm, el periodo de lluvia frecuente comprende a los meses de mayo a noviembre; comprendido en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) (De la Cruz, 1982).

5.2 MANEJO DEL ESTUDIO

El estudio tuvo una duración de cuatro semanas, iniciándose el día que se recibió el cargamento de maíz en cada planta y finalizándose a la cuarta semana de haber aplicado el inhibidor.

El inhibidor fue utilizado en una planta en presentación líquida, en la otra se utilizó en presentación sólida. Estas plantas utilizan inhibidores a base de ácido propiónico en el maíz que almacenan, y es aplicado en el momento en que éste es depositado dentro del silo. La dosis del inhibidor líquido que se aplica es de 1 a 2 kg/TM y la del inhibidor sólido es de 0.454 kg/TM. Ambas dosis son recomendadas por el proveedor de los inhibidores.

Se hizo un muestreo aleatorio del grano dentro de los silos, tomándose muestras compuestas de un silo en cada planta. El cuadro 1 muestra la secuencia en la toma de muestras:

Cuadro 1. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y SECUENCIA DE LA TOMA DE MUESTRAS

	TRATAMIENTO 1 INHIBIDOR SOLIDO	TRATAMIENTO 2 INHIBIDOR LIQUIDO
MUESTRA 1*	Testigo (sin inhibidor)	Testigo (sin inhibidor)
MUESTRA 2 *	Al momento de aplicar el inhibidor	Al momento de aplicar el inhibidor
MUESTRA 3	Una semana después	Una semana después
MUESTRA 4	Dos semanas después	Dos semanas después
MUESTRA 5	Tres semanas después	Tres semanas después
MUESTRA 6	Cuatro semanas después	Cuatro semanas después

* Nota: La muestra 1 se tomó el día que ingresó el maíz antes de aplicarle el inhibidor, la muestra 2 se tomó el mismo día que la muestra 1.

Las muestras recolectadas se envasaron en bolsas de papel y se transportaron inmediatamente al laboratorio de control de calidad, donde se analizaron por medio de un recuento aeróbico de mohos y levaduras en placa. Ahí se determinó el número de colonias de hongos existente en cada muestra expresada en UFC/g (Unidades formadoras de colonia/gramo).

La variable respuesta fue UFC/g (Unidades formadoras de colonia/gramo).

5.3 ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó la Prueba con Muestras Pequeñas de una Hipótesis para la Media de dos Poblaciones, donde se utilizan t calculada y t tabulada (Tabla de la distribución de t) (Ostle, 1965)

$$t_c = \frac{X_{(IS)} - X_{(IL)}}{\sigma \text{ diferencia de } x} \text{ (Ostle, 1965)}$$

$X_{(IS)}$ media aritmética

σ diferencia de x error estándar de la diferencia de medias

Se sometieron ambos tratamientos (inhibidor líquido e inhibidor sólido) a dicha prueba, de acuerdo a los resultados se concluyó y por medio de ella se comparó la efectividad de ambos inhibidores.

5.4 ANALISIS ECONOMICO

Se calculó el costo incorporado al maiz cuando se le aplica inhibidor, ya sea líquido o sólido, por medio del precio de cada uno, haciendo una relación entre éstos y la eficacia de cada inhibidor. Debido a que la variable respuesta es una variable biológica, no es posible realizar un análisis económico.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 BIOLOGICOS

Cuadro 2. RESULTADOS DEL RECUESTO AEROBICO DE MOHOS Y LEVADURAS EN MAIZ ALMACENADO

MUESTRA No.	TRATAMIENTO 1	UFC/g	TRATAMIENTO 2	UFC/g
1	Testigo	20,000	Testigo	20,000
2	Inhibidor sólido	19,000	Inhibidor líquido	18,000
3	Inhibidor sólido	17,000	Inhibidor líquido	4,300
4	Inhibidor sólido	7,300	Inhibidor líquido	2,900
5	Inhibidor sólido	8,400*	Inhibidor líquido	2,400
6	Inhibidor sólido	7,000	Inhibidor líquido	2,000
PROMEDIO	Inhibidor sólido	11,740	Inhibidor líquido	5,920

*Hubo un calentamiento dentro del silo lo que aumentó el número de UFC en esa muestra.

$$t_c = \frac{x_{(IS)} - x_{(IL)}}{\sigma} \text{ diferencia de } x \text{ (Ostle, 1965)}$$

$$n_1 = 5$$

$$n_2 = 5$$

$$s_{(IS)} = 5,781.70$$

$$s_{(IL)} = 6,808.34$$

$$x_{(IS)} = 11,740$$

$$x_{(IL)} = 5,920$$

$$\sigma x_{(IS)} = s_{(IS)} / \sqrt{n-1} = 5,781.70 / \sqrt{4} = 2890.85$$

$$\sigma x_{(IL)} = s_{(IL)} / \sqrt{n-1} = 6,808.34 / \sqrt{4} = 3,404.30$$

$$\sigma \text{ diferencia de } x = \sqrt{\sigma x^2_{(IS)} + \sigma x^2_{(IL)}} = 4,466.13$$

$$t_c = x_{(IS)} - x_{(IL)} / \sigma \text{ diferencia de } x$$

$$t_c = 11,740 - 5,920 / 4,466.13 = 1.30$$

$$G.L. = (n_1 + n_2) - 2 = 8$$

$$t_{(\alpha=0.05; 8)} = 1.860$$

$$t_c < t_\alpha \text{ (Ostle, 1965)} \quad 1.30 < 1.860$$

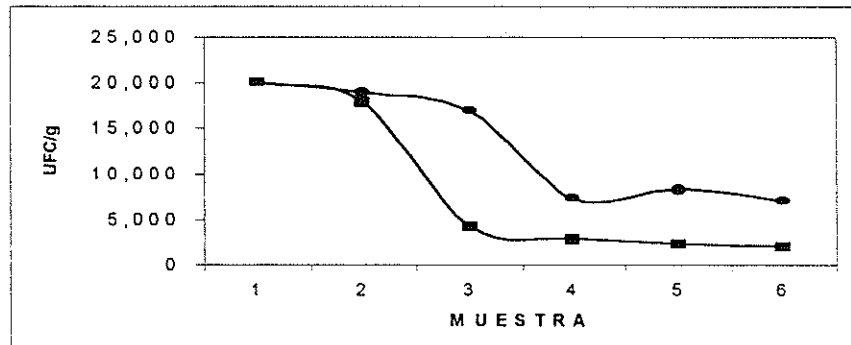
No hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (Levin, 1996), por lo tanto en este estudio tanto el inhibidor líquido como el sólido tuvieron el mismo efecto de control sobre el crecimiento de hongos en maíz almacenado a granel.

El Compendio de métodos para exámenes microbiológicos en alimentos de Speck (LUCAM) reporta que el número máximo de unidades formadoras de colonia permitido en maíz en grano es 10,000 UFC/g (Speck, 1984); ambos inhibidores lograron mantener los valores promedio de la población de

¹ UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo

inhibidor líquido fue capaz no sólo de mantener el nivel más bajo sino que también su efecto fue más rápido.

Gráfica 1. COMPORTAMIENTO DEL INHIBIDOR SÓLIDO Y LÍQUIDO SOBRE EL CRECIMIENTO DE HONGOS EN MAÍZ ALMACENADO EN DOS SILOS DURANTE CUATRO SEMANAS.



●... Inhibidor sólido

■... Inhibidor líquido

A diferencia del inhibidor líquido, el sólido requiere de la presencia de humedad para reaccionar como ácido propiónico, ya que se aplica como propionato (Wagstaff, 1988). Esta reacción del inhibidor sólido toma tiempo y durante ese tiempo en el cual la población de hongos es mayor a la permitida, la calidad nutricional del grano puede verse afectada en cuanto a su contenido de proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, ya que el crecimiento de hongos depende de la disponibilidad de nutrientes, el pH del medio, la cepa y el tiempo (Ortiz, 1994).

La presentación del inhibidor sólido es en polvo, esto dificulta su aplicación dando como resultado una distribución poco uniforme sobre el grano dentro del silo. Por otro lado, la presentación líquida, por

La presentación del inhibidor sólido es en polvo, esto dificulta su aplicación dando como resultado una distribución poco uniforme sobre el grano dentro del silo. Por otro lado, la presentación líquida, por sus características físicas tiene la capacidad de cubrir todo el grano dentro del silo, manteniendo así el número de UFC/g más bajo que el inhibidor sólido (Lic. Hugo Girón, comunicación personal, 1998).

La utilización de este grano se da en una forma dinámica, el maíz es procesado en un período relativamente corto, por lo tanto se requiere de un bajo contenido de hongos para no afectar la formulación de los alimentos balanceados. También es importante tomar en cuenta que el grano se adquiere con una población de hongos mucho mayor a la permitida, lo cual hace necesario que la disminución de la población existente y la inhibición del crecimiento sea de una forma rápida y efectiva.

Se debe tomar en cuenta que la importancia de evitar la contaminación con hongos en el maíz es porque disminuye su calidad como grano, ya que los hongos utilizan los nutrientes de éste para crecer y reproducirse. De igual forma existe la posibilidad de que se liberen metabolitos secundarios en forma de micotoxinas (Nelson, 1989).

Al disminuir la población de hongos dentro del silo, el riesgo de calentamiento también disminuye, así como la posibilidad de que el grano se apelmace y con esto se facilita el manejo del mismo.

6.2 ECONOMICOS

En el cuadro siguiente se puede observar la relación de los precios de los inhibidores utilizados:

Cuadro 3. RELACION DE PRECIOS DE LOS INHIBIDORES SOLIDO Y LIQUIDO UTILIZADOS

	Precio por kg	Dosis utilizada	Precio por dosis	Costo incorporado
Inhibidor sólido	Q 7.40/kg	0.454 kg/TM	Q 3.36	Q 0.15/qq
Inhibidor líquido	Q 20.89/kg	1 kg/TM	Q 20.89	Q 0.95/qq

$$0.95 / 0.15 = 6.33$$

El inhibidor líquido tiene un costo incorporado 6.33 veces mayor que el valor del inhibidor sólido, pero los beneficios que el primero ofrece son también mayores en comparación con los del inhibidor sólido (mantiene el número de UFC/g² más bajo, acción más rápida).

En el cuadro siguiente se calculó el costo incorporado a los alimentos balanceados con respecto al contenido aproximado de maíz:

Cuadro 4. COSTO INCORPORADO SEGUN EL CONTENIDO DE MAIZ EN ALIMENTOS BALANCEADOS PARA DIFERENTES ESPECIES ANIMALES

	Contenido de maíz (aproximado)	Costo incorporado (Inhibidor sólido)	Costo incorporado (Inhibidor líquido)
Aves de engorde	60%	Q 0.09/qq	Q 0.57/qq
Aves de postura	55%-60%	Q 0.08/qq-0.09/qq	Q 0.52/qq-0.57/qq
Bovinos	40%-50%	Q 0.06/qq-0.07/qq	Q 0.38/qq-0.48/qq
Porcinos	65%-70%	Q 0.10/qq-0.11/qq	Q 0.62/qq-0.67/qq

(Lic. Hugo Girón, comunicación personal, 1999).

² UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo

VII. CONCLUSIONES

- Sobre la base de los resultados obtenidos se puede concluir que el maíz que se compra para la fabricación de alimentos balanceados en Guatemala tiene un contenido de hongos mayor a lo recomendado según las normas de control de calidad utilizadas por LUCAM (20,000 UFC/g).
- Tanto el inhibidor líquido como el sólido fueron efectivos controlando la población de hongos en el maíz, manteniéndola por debajo de 10,000 UFC/g.
- El inhibidor líquido tiene un costo incorporado 6.33 veces mayor al del sólido, pero mostró tener un efecto más rápido al disminuir la población de hongos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Utilizar el inhibidor de hongos en maíz aplicándolo al momento de su almacenamiento y en la dosis adecuada.
- Conjuntamente con la aplicación de un inhibidor, debe mantenerse al maíz bajo condiciones controladas de humedad, temperatura, aireación, etc. para prevenir una posible proliferación de hongos.
- Correr pruebas microbiológicas y bromatológicas a las muestras del grano a utilizarse para la fabricación de alimentos balanceados con el propósito de saber su contenido de hongos, micotoxinas y nutrientes.
- Utilizar el inhibidor de hongos líquido por su efecto más rápido y por mantener los niveles de UFC/g más bajos que el inhibidor sólido.
- Realizar pruebas de determinación de micotoxinas en el grano tratado con inhibidor de hongos.

IX. RESUMEN

Los alimentos balanceados utilizados en la dieta de animales en granjas contienen de 40% a 60% de maíz, por lo que es importante que éste tenga calidad nutricional, sanitaria y microbológica. En Guatemala se ha detectado un alto contenido de hongos y micotoxinas tanto en el grano de maíz importado como en el nacional, lo que hace necesario la aplicación de medidas que prevengan y disminuyan esta contaminación de una forma rápida y eficiente.

La utilización de inhibidores de hongos es una medida relativamente económica en comparación con las medidas correctivas que pudieran ser aplicadas a los animales o a los alimentos balanceados. Estos inhibidores son ácidos orgánicos que cambian el pH del medio afectando el crecimiento de hongos disminuyendo así la población; existen dos presentaciones, líquido y sólido.

Se debe tomar en cuenta que la importancia de evitar la contaminación con hongos en el maíz es porque disminuye su calidad como grano, ya que los hongos utilizan los nutrientes de éste para crecer y reproducirse. De igual forma existe la posibilidad de que se liberen metabolitos secundarios en forma de micotoxinas.

En esta investigación se tomaron muestras en dos plantas fabricantes de alimentos balanceados que utilizan inhibidor de hongos en el maíz que almacenan. Una planta utiliza inhibidor líquido y la otra sólido. Por medio de un recuento aeróbico de mohos y levaduras en placa se logró determinar que el

grano importado se compra con 20,000 UFC/g y el nivel máximo permitido en maíz en grano es de 10,000 UFC/g según las normas de control de calidad utilizadas por el LUCAM. También pudo determinarse que el inhibidor líquido tuvo un mejor y más rápido efecto que el inhibidor sólido, a pesar de que el análisis estadístico mostró que ambos inhibidores tuvieron el mismo efecto de control sobre el crecimiento de hongos en maíz almacenado en dos silos.

En el aspecto económico se determinó que el inhibidor líquido tiene un costo más elevado pero también los beneficios que ofrece son mucho mayores.

Por lo tanto se recomendó la utilización de inhibidores de hongos en maíz almacenado, conjuntamente con un buen manejo del silo; también se recomendó utilizar preferentemente el inhibidor líquido por tener un efecto más eficiente. Es importante realizar pruebas bromatológicas y microbiológicas al grano para conocer su calidad nutricional y sanitaria.

X. BIBLIOGRAFIA

COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS. 1981. Maiz en grano. Guatemala, COGUANOR. p. 4. NGO(34047).

CONGRESO CENTROAMERICANO Y II LATINOAMERICANO DE FABRICANTES DE ALIMENTOS BALANCEADOS. (1992, Guatemala). 1992. Aseguramiento de la calidad en la industria animal de alimentos balanceados. Ed. por M.Guerra. Guatemala, ANAVI, ALAFAB. s.p.

DAVIS, B. et al. 1978. Tratado de microbiología. España, Salvat. p. 988-1005.

DE LA CRUZ, S.J. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. p. 18.

DIENER, U.L.; DAVIS, N.D. 1983. Aflatoxins in corn. p. 249-269. In Xenobiotics in foods and feeds. American Chemistry Society Syntesis (USA). p. 234.

GONZALEZ, A. s.f. Las fusariotoxinas. Guatemala, Instituto Agroindustrial Purina. Sistema de Capacitación Continua Porcicultura. 3 p. (Boletín Informativo I/II/0886).

GONZALEZ, P.A. 1986. The use of urea as a control of aflatoxin in maize. In Aflatoxin in maize. A proceedings of the workshop. México, CIMMYT, UNDP and USAID. p. 280-284.

HALLAUER, A.R. 1994. Specialty coms. EUA, CRC Press. p. 305-340.

LEVIN, R.; RUBIN, D. 1996. Estadística para administradores. Trad. por Angel Homero Flores Samaniego. 6. ed. México, Prentice-Hall Hispanoamericana. p. 422-432.



- LILLEHOJ, E. 1986. The aflatoxin in maize problem: The historical perspective. In Aflatoxin in maize. A proceedings of the workshop. México, CIMMYT, UNDP and USAID. p. 13-32.
- MULLER, H.M. 1989. Massnahmen zur Minderung von Mykotoxinbildung und -anreicherung in Futtermitteln. DTW -Deutsch-Tierarzt-Wochenschr. (Alemania) 96(7):363-8. (BASF, Guatemala).
- NELSON, C. 1989. Implicaciones del crecimiento de hongos en alimentos avícolas. Información general sobre inhibidores de hongos. EUA, Kemin Industries. 15 p.
- ORTIZ, C. 1994. Micotoxinas. Aspectos generales de hongos. Chile, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. p. 5-43.
- OSTLE, B. 1965. Estadística aplicada: técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. México, Centro regional de ayuda técnica, AID. p. 112-149.
- SAUER, D. 1986. Conditions that affect growth of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxin in stored maize. In Aflatoxin in maize. A proceedings of the workshop. México, CIMMYT, UNDP and USAID. p. 41-50.
- SIMMONS, C; TARANO, J; PINTO, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, Ministerio de Agricultura. p. 15.
- SPECK, M. 1984. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. EUA, American public health association. p. 692.
- WAGSTAFF, R. 1988. Información general sobre inhibidores de hongos. EUA, Kemin Industries. 11 p.
- WILSON, D.M. 1986. Detection and determination of aflatoxins in maize. In Aflatoxin in maize. A proceedings of the workshop. México, CIMMYT, UNDP and USAID. p. 100-109.



XI. ANEXOS

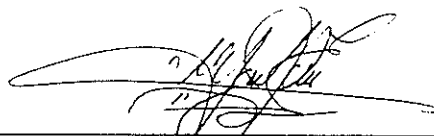
Guatemala, 12 de abril de 1999

A quien interese:

Por este medio se hace constar que los presentes resultados fueron obtenidos de las muestras de maíz traídas por la Br. María Mercedes Vargas Salvatierra, a través de un recuento aeróbico de mohos y levaduras realizado en el Laboratorio de Análisis y Servicios, S.A. (LASER).

MUESTRA No.	TIPO MUESTRA	UFC/g
1	Testigo	20,000
2	Inhibidor sólido	19,000
3	Inhibidor sólido	17,000
4	Inhibidor sólido	7,300
5	Inhibidor sólido	8,400
6	Inhibidor sólido	7,000

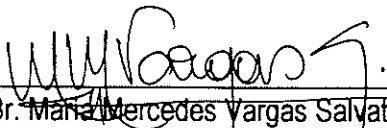
MUESTRA No.	TIPO MUESTRA	UFC/g
1	Testigo	20,000
2	Inhibidor líquido	18,000
3	Inhibidor líquido	4,300
4	Inhibidor líquido	2,900
5	Inhibidor líquido	2,400
6	Inhibidor líquido	2,000




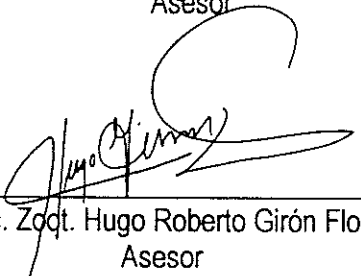
Lic. Jorge Mario Guerra
Químico Biólogo
Colegiado No. 1570

LABORATORIO DE ANALISIS Y SERVICIOS, S.A.

L A S E R

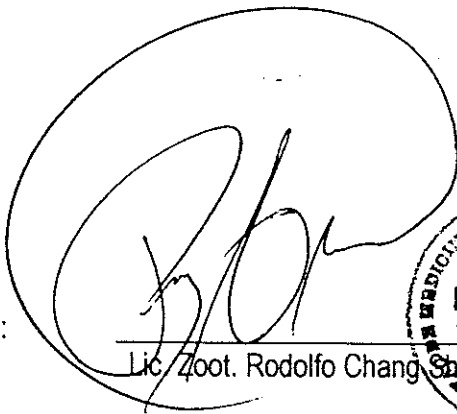

Br. María Mercedes Vargas Salvatierra


Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
Asesor


Lic. Zoot. Hugo Roberto Girón Flores
Asesor


Lic. Zoot. Hugo Sebastián Peñate Moguel
Asesor

IMPRIMASE:


Lic. Zoot. Rodolfo Chang
