

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Contenido de nutrientes, características fermentativas y estabilidad
aeróbica de tomate ensilado con dos niveles de inclusión de maíz
molido y tres de pollinaza**

Estudiante

Olmara Regina Lira Reyes

Asesores

Isidro Matamoros, Ph.D.†

Celia Trejo Ramos, Ph.D.

Abner Rodríguez Carías, Ph.D.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decano Académico

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	4
Índice de Figuras	5
Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Materiales y Métodos	11
Ubicación	11
Tomates de Descarte	11
Maíz Molido y Pollinaza	11
Preparación de los Ensilajes y Caracterización del Proceso Fermentativo	12
Estabilidad Aeróbica	13
Densidad	13
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	14
Resultados y Discusión	15
Estabilidad Aeróbica	24
Densidad	28
Conclusiones	29
Recomendaciones	30
Referencias	31

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición química inicial de los tomates de descarte, el maíz molido y pollinaza .	16
Cuadro 2 Porcentaje estimado de materia seca inicial de las mezclas de tomate de descarte, maíz molido y pollinaza.	17
Cuadro 3 pH y productos de fermentación de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza.	21
Cuadro 4 Contenido de nutrientes de ensilaje de tomates fermentado durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza	24
Cuadro 5 Densidad de tomates antes y después de fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza.	28

Índice de Figuras

Figura 1 Efecto principal de tratamiento sobre la temperatura de los ensilajes resultantes expuestos a condiciones aeróbicas durante 72 horas	25
Figura 2 Efecto principal de la duración de exposición al aire sobre la temperatura de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza y expuesto a condiciones aeróbicas durante 72 horas	26
Figura 3 Temperatura de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza y expuesto a condiciones aeróbicas durante 72 horas.....	27

Resumen

Los tomates de descarte, no utilizados para nutrición humana, representan una posible fuente de alimento para los rumiantes, sin embargo, su conservación es necesaria para aumentar su vida útil. Se evaluaron las características fermentativas y la estabilidad aeróbica de ensilaje de tomate solo o con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza. Los tratamientos experimentales fueron 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza, 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza, 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza, 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza, 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza, 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza y 7) 100% tomate. Las mezclas fueron fermentadas en baldes de 20 litros durante 120 días. Muestras de cada ensilaje se analizaron para pH, composición química, y productos de fermentación. La estabilidad aeróbica de los ensilajes se determinó durante 72 h utilizando la temperatura de la masa fermentada como criterio de deterioro. Ensilar tomate sin aditivos resulta en fermentaciones con baja producción de ácidos totales, pero con el ácido láctico como principal producto de fermentación y alta proporción de conservación de nutrientes. Adicionar maíz molido y pollinaza a diferentes niveles de inclusión al tomate, mejoró la producción de ácidos totales, pero aumento la producción de ácido butírico y la relación NH_3/N total en los ensilajes. Usando como criterio la temperatura de la masa fermentada con relación al valor de la temperatura ambiente más tres, seis de los tratamientos fueron estables durante las primeras 12 horas de exposición al aire.

Palabras clave: Deterioro, ensilaje, fermentación, subproductos hortícolas.

Abstract

Tomatoes determined non usable for human nutrition represent a possible food source for ruminants, however, their conservation is necessary to increase their shelf life. In this research, the fermentative characteristics and aerobic stability of tomato silage alone or with two levels of inclusion of ground corn and three of poultry litter were evaluated. The experimental treatments were 1) 82% tomato, 8% corn, 10% poultry litter, 2) 77% tomato, 8% corn, 15% poultry litter, 3) 72% tomato, 8% corn, 20% poultry litter, 4) 78% tomato, 12% corn, 10% poultry litter, 5) 73% tomato, 12% corn, 15% poultry litter, 6) 68% tomato, 12% corn, 20% poultry litter and 7) 100% tomato. The experimental mixtures were fermented in 20-liter buckets for 120 days. Samples of each silage were analyzed to determine pH, chemical composition, and fermentation products. The aerobic stability of the silages was determined for 72 h using the temperature of the silage as a criterion of deterioration. Ensiling tomato without additives results in fermentations with low production of total acids, but with lactic acid as the main fermentation product, and high proportion of nutrient preservation. Adding ground corn and poultry litter at different levels of inclusion to the tomato improved the production of total acids but increased the production of butyric acid and the total NH_3/N ratio in silage. Using as a criterion the temperature of the sourdough in relation to the value of the ambient temperature plus three, six of the treatments were stable during the first 12 hours of exposure to air.

Keywords: Deterioration, fermentation, horticultural by-products, silage.

Introducción

El procesamiento de frutas, vegetales y hortalizas genera toneladas de subproductos con un alto contenido de azúcares fermentables, ácidos orgánicos y fibra dietética (Gallagher et al. 2001). Estas características hacen de los subproductos agrícolas un recurso potencial para su uso como ingrediente en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, debido al alto contenido de humedad de estos y al ser altamente perecederos, la conservación es necesaria para aumentar su vida útil y reducir o eliminar su descarte, lo que representa un agente de contaminación ambiental.

El tomate, *Solanum lycopersicum*, es de las hortalizas más producidas en todo el mundo. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (Casaca 2005). El rendimiento promedio de tomate en Honduras es de 31.6 t.ha⁻¹, superado por Guatemala con 38.5 y México 43.3 t.ha⁻¹. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (FHIA 2017). En su mayoría, la producción de tomate está destinada para venta a granel, sin embargo, por distintos parámetros tanto de aspecto como tamaño, el porcentaje de descarte puede llegar a ser hasta de un 15% de la cosecha (FHIA 2009). Altas cantidades de este producto de descarte son desaprovechadas, sin recibir tratamiento como residuo, simplemente es abandonado al lado de carreteras o cercano a fuentes de agua lo que lo convierte en un potencial contaminante ambiental (Arica 2016).

Asimismo, la producción de rumiantes (ej. vacunos, ovinos y caprinos) en los trópicos depende comúnmente del uso de pastos y forrajes. Sin embargo, su disponibilidad y baja calidad (ej. bajo contenido de proteína cruda y alto contenido de fibra detergente neutro), suele ser agravada por su escasa disponibilidad durante la estación seca (Pitman y Sotomayor-Ríos 2002). Esta situación demanda la búsqueda de recursos alternativos para suplir los requerimientos de nutrientes sin afectar el rendimiento de los animales (Rodríguez 1996).

El ensilaje, representa un método para la conservación de los nutrientes de subproductos vegetativos para su potencial uso en dietas de rumiantes. El ensilaje como alimento, es el resultado de

la fermentación anaeróbica de carbohidratos solubles por bacterias ácido lácticas presentes en forrajes u otro material vegetativo (Berrio et al. 2004). Dicho proceso permite almacenar los nutrientes del material vegetativo fresco a fermentado para ser utilizado en épocas de escasez como suplemento dietético o como parte integral de raciones completas. El ensilaje es una contribución importante para optimizar el funcionamiento de los sistemas de producción animal en zonas tropicales y subtropicales, su empleo es todavía muy escaso mayormente debido a falta de experiencia en la práctica y al área necesaria para la siembra de cultivos forrajeros, pero representa también una alternativa para la conservación de nutrientes presentes en subproductos agrícolas en este caso el tomate.

Nutricionalmente el tomate fresco contiene un alto contenido humedad (95.2%), contiene además en promedio, un 22% de proteína bruta, 22.4% de fibra detergente neutro y un 14.2% de fibra detergente ácido (Aguilera-Soto et al. 2014). Entre las vitaminas destaca el contenido de vitamina A, básicamente en forma de carotenoides provitamina A, y de vitamina C. Debido a estas características nutricionales, el tomate puede ser usado como una fuente de energía y proteína para nutrición animal en forma fresca o conservada como ensilado (Casaca 2005). El utilizar tomate de descarte es una opción de bajo costo mientras minimiza la problemática del manejo de desechos de la industria hortícola.

Los excedentes que no clasifican como de primera calidad, puede ser utilizados en alimentación de rumiantes. Específicamente entre pequeños agricultores o aquellos dedicados a la crianza de especies menores como caprino y ovinos, sector que en los últimos años ha tenido un incremento en el número de explotaciones y una progresiva intensificación de las mismas (García et al. 2008). Sin embargo, y debido a las características inherente del tomate, como el alto contenido de humedad, es recomendable el uso de materiales absorbentes que aumenten la materia seca, favorecer el proceso fermentativo y la adición de ingredientes que aumentan su valor energético y proteico como alimento. El uso de maíz molido y pollinaza como material absorbente, fuentes de energía y nitrógeno, respectivamente, son alternativas a evaluarse.

Asimismo esta bien documentado que alimentos conservados por fermentación anaeróbica son susceptibles al deterioro una vez expuestos a condiciones aeróbicas durante la fase de alimentación (Danner et al. 2003). Por lo tanto, la evaluación de un nuevo subproducto fermentado debe incluir no solo su capacidad de fermentar sino también su estabilidad aeróbica, lo que es indicativo de su periodo de utilización durante su uso como alimento.

La investigación tuvo como objetivo evaluar el proceso de conservación del ensilaje de tomate de descarte con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres niveles de pollinaza, comparando el contenido de nutrientes antes y después del proceso de conservación, caracterizando el proceso fermentativo y la estabilidad aeróbica del tomate fermentado.

Materiales y Métodos

Ubicación

La investigación se realizó entre octubre 2022 y junio 2023, en la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, ubicada en el Valle de Yegüare a 32 km de Tegucigalpa, Honduras, con una precipitación promedio anual de 1100 mm, situada a 800 msnm y con temperatura media anual de 26 °C.

Tomates de Descarte

Los tomates fueron obtenidos como un donativo del descarte de la cosecha de las plantaciones de la Asociación de Productores Agropecuarios de Oriente (APAO).

Maíz Molido y Pollinaza

El maíz molido y la pollinaza utilizada en este estudio se obtuvieron de la unidad de ganado de carne de la EAP donde ambos ingredientes son utilizados como suplementos alimenticios.

Antes del proceso fermentativo, se caracterizó el contenido de nutrientes de los tomates frescos, el maíz molido y la pollinaza. Para caracterizar el contenido de nutrientes de los tomates previo a la preparación del ensilado, se seleccionaron de forma aleatoria cuatro muestras que fueron picadas en segmentos de dos pulgadas y posteriormente secadas en un horno gravimétrico durante 48 horas a 60 °C, localizado en la Unidad de investigación y desarrollo de cultivos de la EAP.

Las muestras secas fueron molidas utilizando una criba de 1 mm en el molino del Laboratorio de Suelos de la EAP Zamorano, posteriormente fueron enviadas a un laboratorio comercial para los análisis químicos correspondientes (Dairy One Forage Lab, Itacha, New York, Estados Unidos). Muestras del maíz molido y la pollinaza fueron también enviadas al mismo laboratorio para su caracterización química inicial.

Todas las muestras fueron analizadas para determinar su contenido porcentual de humedad, materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente acida (FDA), y nutrientes digeribles totales (NDT). Las muestras de tomate también se analizaron para determinar su

contenido de carbohidratos solubles en agua (CSA). Los análisis se realizaron en el laboratorio antes mencionado siguiendo la metodología NIR del laboratorio comercial.

Preparación de los Ensilajes y Caracterización del Proceso Fermentativo

Para caracterizar el proceso fermentativo los tomates de descarte fueron fermentados sin (control) o con maíz molido y pollinaza en siete tratamientos experimentales. La preparación de las mezclas a fermentarse se llevó a cabo en el área de elaboración de suplementos de la Unidad de Aprendizaje y Producción de Ganado de Carne de la EAP Zamorano.

Los niveles de inclusión del maíz molido (8 y 12%) y de pollinaza (10, 15 y 20%) se determinaron para tener mezclas con un contenido inicial estimado de materia seca (tabla 1) aproximadas a 20% -30% (Argamentería Gutiérrez et al. 2014). Este se calculó por medio de la fórmula 1:

$$\text{MS estimada \%} = (\% \text{Inclusión}) \times (\% \text{MS}) \quad [1]$$

Se estimó la MS de cada ingrediente, se sumaron los valores y se multiplicaron por cien, para cada tratamiento.

Para la preparación de los tratamientos experimentales se mezclaron 150 libras de los tomates picados con el maíz molido y la pollinaza según los niveles de inclusión correspondientes. Cubetas de plástico con capacidad de 20 L fueron utilizadas como silos experimentales. Silos en triplicado de cada tratamiento fueron llenados a capacidad, compactados manualmente para generar condiciones anaeróbicas, sellados a presión y fermentados durante 120 días. Se tomó el peso inicial de los 21 silos experimentales inmediatamente después de llenos y sellados.

Antes del llenado de los silos se tomaron muestras en triplicado de cada tratamiento experimental para determinar el pH inicial en el Laboratorio de Suelos de la EAP Zamorano.

Para la determinación del pH, 50 g de cada ensilaje fueron homogenizados manualmente con 450 mL de agua desionizada y el extracto acuoso resultante fue transportada al laboratorio de suelos para el análisis correspondiente.

Después de 120 días de fermentación, silos en triplicado de cada tratamiento experimental fueron pesados y abiertos. De cada silo, se eliminó una capa de dos pulgadas de la parte superior como precaución de no utilizar material degradado por la infiltración de oxígeno. Se analizó de cada ensilaje resultante el pH, el contenido de nutrientes y los productos de fermentación (ej. ácidos orgánicos y nitrógeno amoniacal). Se calculó, además, la relación ácido láctico: ácido acético y la relación nitrógeno amoniacal – nitrógeno total del ensilaje resultante.

Muestras secas del ensilaje resultante y los extractos congelados de solución homogenizada con 450 mL de agua desionizada fueron enviadas a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, New York) para el análisis de composición química y los productos de fermentación antes descritos.

Estabilidad Aeróbica

Se evaluó la estabilidad aeróbica de los ensilajes después de 120 días de fermentación. Se utilizó como criterio de deterioro el cambio en la temperatura de la masa fermentada una vez expuesta a condiciones aeróbicas. Muestras de cada mezcla experimental fermentada (1 kg) se colocaron en bolsas de plástico en contenedores de espuma de poliestireno y expuestas al aire a temperatura ambiente (27 °C a 30 °C) durante 72 horas. Se midió la temperatura de la masa fermentada con un termómetro en el centro de cada ensilaje durante 72 horas en intervalos de cuatro horas. Los ensilajes resultantes se consideraron deteriorados cuando la temperatura alcanzó los tres grados por encima de la temperatura ambiente.

Densidad

En todos los ensilajes se determinó también la densidad al momento y después de 120 días de fermentación utilizando la fórmula 2:

$$\text{Densidad (kg/m}^2\text{)} = \text{Peso} / \text{Volumen} \quad [2]$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Los datos experimentales referentes al contenido de nutrientes, pH, densidad inicial, densidad final y productos de fermentación se analizaron conforme a un diseño completamente aleatorizado (DCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el Modelo Lineal General (GLM) de SAS®. Para comparar las diferencias entre los tratamientos individuales, se realizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (SAS 2004).

Los datos experimentales para temperatura durante el periodo de exposición aeróbica analizaron conforme a un DCA con arreglo factorial 7 (tratamientos experimentales) \times 19 (lecturas cada 4 horas de exposición aeróbica) con medidas repetitivas, utilizando el procedimiento de Análisis de Modelos Mixtos (proc mixed) de SAS®. Las diferencias entre los tratamientos individuales se sometieron a separación de medias de cuadrado mínimos (SAS 2004). Se comparó además a través del tiempo de exposición aeróbica la temperatura de los ensilajes expuestos al aire con el valor de la temperatura ambiente +3 °C.

Resultados y Discusión

La composición química inicial de los tomates de descarte, utilizados en este experimento concuerdan con publicaciones previas que indican su alto contenido de humedad (95.30%) y CSA (34.05%), un contenido moderado de PB (22.5%) y bajo contenido de componentes de la pared celular (17.33%) (Cuadro 1), lo cual es característico de productos con alto contenido de agua en pulpa, meso y endocarpio. Los valores obtenidos son similares a los reportado por Álvarez et al. (2015) e INCAP y OPS (2018), quienes reportan valores promedios de humedad del 93% y 89.9%, respectivamente. Sin embargo, otros estudios indican que la humedad y el contenido de nutrientes puede verse afectado por la madurez, tipo de tomate y el procesamiento físico durante la elaboración de productos de valor añadido (Fernye et al. 2017).

Los contenidos de PB (22.5%), FDN (17.33%) y FDA (15.3%) son similares a los reportados por Aguilera-Soto et al. (2014), quienes encontraron en tomate antes de ensilar contenidos de PB del 22.4%, FDN del 22.4% y FDA del 14.2%; únicamente el contenido de hemicelulosa reportado (8.2%) difieren a los encontrados en este estudio (2.1%) (Cuadro 1).

El maíz molido constituye un ingrediente base en la formulación de raciones para rumiantes, por lo cual su perfil nutricional ha sido ampliamente descrito y en concordancia con los valores promedios obtenidos para las variables analizadas. Por ejemplo, Mata (2017) reportó contenidos de MS del 84% y PB del 8.7%. Los contenidos de FDN y FDA son similares a los reportados por Blas Beorlegui et al. (2019) quienes encontraron contenidos de FDN del 9.0% y FDA del 2.8%, sin embargo difieren en hemicelulosa presentado un 6.2%. A su vez, Martínez Guardia et al. (2016) reportan valores de FDN del 7.55%, FDA del 3.6%, pero la hemicelulosa también concuerda con los presentados en este estudio con un valor del 3.95%.

La pollinaza es un subproducto derivado de la producción de pollos de engorde, el cual puede ser usado para alimentación de rumiantes como fuente de nitrógeno no proteico. Los valores de los componentes nutricionales de la pollinaza utilizada en este estudio coinciden con los reportados en

otras investigaciones que encontraron contenidos porcentuales similares de PB (27.91%), FDN (40.04%), FDA (20.60%) y hemicelulosa (19.44%), pero diferentes en % de MS (Castillo et al. 2019).

Cuadro 1

Composición química inicial de los tomates de descarte, el maíz molido y pollinaza

Componente (%)	Tomates ¹	Maíz Molido ²	Pollinaza ²
Humedad	95.30	11.00	17.80
Materia Seca	4.70	89.00	82.20
Proteína Bruta ³	22.50	10.40	24.50
Carbohidratos Solubles en Agua ³	34.05	ND ⁴	ND ⁴
Fibra Detergente Neutro ³	17.33	8.00	39.40
Fibra Detergente Acida ³	15.30	3.90	23.80
Hemicelulosa ^{3,5}	2.03	4.10	15.60

Nota. ¹Media de cuatro repeticiones, ²Media de tres repeticiones, ³Base Seca, ⁴No Determinado, ⁵FDN-FDA

Debido al alto contenido de humedad de los tomates, se utilizó maíz molido y pollinaza a diferentes niveles de inclusión para aumentar el contenido de materia a un mínimo de 20% y enriquecer el ensilaje resultante como fuente de energía y nitrógeno para su futura utilización como alimento (Cuadro 2). Los valores iniciales se estimaron según el contenido original de cada ingrediente y su nivel de inclusión en la mezcla y oscilaron entre 19.19% en la mezcla conteniendo 82% de tomate, 8% de maíz molido y 10% pollinaza y 30.31% en aquellas conteniendo 68% de tomate, 12% maíz molido y 20% pollinaza.

El uso de aditivos para ajustar el porcentaje de humedad ha sido objetivo de estudios previos. Álvarez et al. (2015), utilizaron pulpa de remolacha (90% MS) y paja de cereal (92% MS) en una proporción combinada del 20% y lograron un contenido de humedad de 72 a 70 % equivalente a un porcentaje de MS en la mezcla inicial de 25%-30%, rango similar en el que se encuentran los tratamientos en este estudio.

Cuadro 2

Porcentaje estimado de materia seca inicial de las mezclas de tomate de descarte, maíz molido y pollinaza.

Tratamiento ¹	Nivel de inclusión (%)			% Materia seca inicial de la mezcla ²
	Tomate	Maíz Molido	Pollinaza	
1	82	8	10	19.19
2	77	8	15	23.06
3	72	8	20	26.94
4	78	12	10	22.56
5	73	12	15	26.44
6	68	12	20	30.31
7	100	0	0	4.70

Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate. ² valores estimados según el porcentaje y nivel de inclusión de cada ingrediente excepto el tomate de descarte solo.

Una vez preparadas las mezclas experimentales se fermentaron durante 120 días utilizando como criterios de evaluación el pH, medido por acidez, y los productos de fermentación que se generan durante la producción de alimentos conservados como ensilaje (Cuadro 3).

Está documentado que estos parámetros en materiales vegetativos ensilados con contenidos óptimos de materia seca entre 30 y 35% son los criterios utilizados para categorizar fermentaciones deseables (Argamentería Gutiérrez et al. 2014) .

En materiales vegetativos con esas características se considera una fermentación deseable cuando el pH de la masa fermentada es entre 4.2 a 4.7. Argamentería Gutiérrez et al. (2014) explicaron que a mayor MS inicial el pH final tiende a aumentar, concordando con los resultados de esta investigación. También se desea que el ácido láctico sea el principal producto de fermentación y que este en el rango de 1.5 a 2% por la alta acidez que provoca en el medio y además por ser el resultado del metabolismo de las bacterias más eficientes y adecuadas entre todos los agentes del ensilaje (Esperance y oveda 1997).

Otros parámetros utilizados para categorizar una fermentación como deseable son una la relación ácido láctico- ácido acético no menor de 2.75:1 (Rodríguez 1996), un contenido de ácido

propiónico y butírico menor de 0.3-0.5% y 0.50%, respectivamente (Driehuis et al. 2003), y que el ensilaje resultante tenga una relación nitrógeno amoniacal: nitrógeno total menor de 7%, ya que los ensilajes con bajos contenidos de nitrógeno amoniacal son el resultado de una buena fermentación láctica. Por el contrario, los que tienen alta proporción de $N-NH_3/N$ reportan efectos de fermentaciones secundarias (Esperance y oveda 1997).

Para lograr estos parámetros, además del contenido óptimo de materia seca, es necesario un contenido inicial de carbohidratos solubles en agua entre 6 y 12 % y la dominancia de bacterias productoras de ácido láctico tipo homofermentativas durante el proceso fermentativo (Torres 2020). En la conservación de los nutrientes de subproductos agrícolas mediante el ensilaje y debido a las propiedades inherentes de estos como su alta humedad no siempre es posible fermentarlos con valores iniciales de materia seca entre 30 a 35% (Callejo 2019). Sin embargo, la acidez resultante y el perfil de la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación son siempre los criterios para utilizarse para categorizar el proceso fermentativo como uno deseable. Fermentaciones deseables resultan en una alta conservación de nutrientes con relación a su contenido inicial en el material fresco y la producción de un alimento con alta palatabilidad, aceptabilidad y consumo voluntario por los animales (Parrales y Pilarte 2023).

En este experimento el pH de las mezclas después de 120 días de ensilado fue menor ($P \leq 0.05$) en ensilaje de tomate control, que en las otras seis mezclas experimentales. Sin embargo, el pH de los tratamientos conteniendo las mezclas de tomate, maíz molido y pollinaza, fue entre 4.23 a 4.63, valores que se considerados como deseables en este tipo de fermentaciones.

El contenido de ácido láctico de mezclas fermentadas con 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza (TRT 6) fue mayor ($P \leq 0.05$) que aquellas conteniendo 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza (TRT 1) y que el tomate ensilado solo (CONTROL), pero similar a los otros cuatro tratamientos. Entre los tratamientos experimentales el mayor ($P \leq 0.05$) contenido de ácido acético se obtuvo en mezclas fermentadas con 68% tomate, 12% maíz y 20% pollinaza (TRT 6). El contenido de ese mismo ácido fue

menor ($P \leq 0.05$) en tomates fermentados solos (CONTROL), o en combinaciones con 8% maíz y 20% pollinaza (TRT 3); o 12% maíz y 10% (TRT 4) pollinaza que en las otras mezclas. La relación ácido láctico: ácido acético oscilo de 2.20 a 4.30, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Los valores de relación AL:AC en todos los tratamientos es indicativo de una fermentación con mayor producción de ácido láctico que de ácido acético parámetro también utilizado para clasificar estas fermentaciones como deseables. Lo anterior es indicativo que el incluir diferentes proporciones de maíz molido y pollinaza resultó en fermentaciones lácticas.

Excepto en el tomate fermentado solo (CONTROL, TRT 7), se observó producción de ácido propiónico en las mezclas experimentales conteniendo maíz en grano y pollinaza. El contenido de ácido propiónico fue mayor ($P \leq 0.05$) en mezclas fermentadas con 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza (TRT 5) que en las otras combinaciones. También se observó mayor ($P \leq 0.05$) producción de ácido butírico en ensilajes de 72% tomate, 8% maíz y 20% (TRT 3) pollinaza; que aquellos fermentados con 73% tomate, 12% maíz, y 15% pollinaza (TRT 5), 68% tomate, 12% maíz y 20% pollinaza (TRT 6) o 100% tomate de descarte (CONTROL TRT 7). La presencia de ácido butírico en el ensilaje es resultado de la degradación de compuestos nitrogenados por microorganismos del género *Clostridium* durante la fermentación y su producción es un indicador de fermentaciones no deseables (Woolford 1990).

Criterios para categorizar la fermentación como una óptima también incluyen la producción de ácidos totales y el contenido de ácido láctico con relación al total de ácidos orgánicos producidos (Esperance y ojeda 1997). Aunque la producción de ácidos totales en el tomate de descarte fermentado solo (CONTROL, TRT 7) fue menor ($P \leq 0.05$) o similar ($P > 0.05$) que, en otras tres mezclas experimentales, la producción de ácido láctico con relación a la producción total de ácidos fue mayor ($P \leq 0.05$). Asimismo, excepto, en la mezcla conteniendo 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza (TRT 3), la relación ácido láctico: ácidos totales fue mayor de 50%, valor indicador de fermentaciones deseables.

Otros de los parámetros que se considera para categorizar una fermentación optima es el contenido de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total que debe ser menor de 7 - 12 %. Esta relación en el tomate fermentado solo (CONTROL, TRT 7) fue menor a 1%, pero superior a 12% en las demás mezclas. La adición de pollinaza en las mezclas experimentales, podría ser la razón principal por el alto contenido de amonio en estos ensilajes. La pollinaza contiene nitrógeno en forma de ácido úrico, amonio, urea y creatinina, compuestos nitrogenados que su presencia resulta en fermentaciones con altas concentraciones de amonio con relación al N-total afectando su calidad (Aranda et al. 2018).

Cuadro 3

pH y productos de fermentación de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza.

Tratamiento ¹	pH	AL ²	AC ³	AL:AC ⁴	AP ⁵	AB ⁶	AT ⁷	ALAT ⁸	NH ₃ ⁹	NH3-N-Total ¹⁰
1	4.36 ^a	1.19 ^b	0.44 ^{bc}	2.70	0.09 ^{ab}	0.60 ^{ab}	2.33 ^{ab}	50.94 ^{ab}	0.46 ^b	14.86 ^a
2	4.53 ^a	1.28 ^{ab}	0.50 ^{abc}	2.56	0.10 ^{ab}	0.43 ^{ab}	2.32 ^{ab}	55.25 ^{ab}	0.47 ^b	12.27 ^a
3	4.63 ^a	1.29 ^{ab}	0.30 ^c	4.30	0.07 ^{ab}	1.22 ^a	3.08 ^a	46.79 ^{bc}	0.67 ^a	14.35 ^a
4	4.33 ^a	1.26 ^{ab}	0.39 ^c	3.23	0.08 ^{ab}	0.66 ^{ab}	2.39 ^{ab}	52.33 ^{ab}	0.46 ^b	16.44 ^a
5	4.33 ^a	1.94 ^{ab}	0.88 ^{ab}	2.20	0.17 ^a	0.02 ^b	3.02 ^a	64.22 ^{ab}	0.50 ^{ab}	14.25 ^a
6	4.23 ^a	2.35 ^a	0.90 ^a	2.61	0.13 ^{ab}	0.01 ^b	3.39 ^a	69.45 ^{ab}	0.55 ^{ab}	13.49 ^a
7	3.60 ^b	1.00 ^b	0.31 ^c	3.22	0.00 ^c	0.01 ^b	1.31 ^c	75.48 ^a	0.15 ^c	0.98 ^b
Probabilidad	0.01	0.01	0.01	0.37	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate, ²ácido láctico, ³ácido acético, ⁴Relación AL:AC, ⁵ácido propiónico, ⁶ácido butírico, ⁷ácido totales, ⁸Relación AL:AT, ⁹nitrógeno amoniacal, ¹⁰relación NH₃-

Nitrógeno total. ^{a,b,c} Medias con letra diferente en la misma columna difieren P ≤ 0.05

Según descrito anteriormente, el objetivo principal de la producción de ensilaje es conservar los nutrientes del material fresco después del proceso fermentativo para su utilización como alimento (Martín-García et al. 2017). En este estudio después de 120 días de fermentación, el contenido de materia seca de los tomates de descarte fermentado en combinación con maíz molido y pollinaza vario de 18.44% a 28.70% muy superior al 6.30% del valor obtenido en el ensilaje sin aditivos (Cuadro 4).

Entre los componentes nutricionales, se observó un mayor ($P \leq 0.05$) contenido de proteína bruta en ensilaje de tomate solo (CONTROL TRT 7) y aquel fermentado con 8% maíz molido y 20% de pollinaza (TRT 3) que en las otras combinaciones. El contenido residual de carbohidratos solubles en agua difirió ($P \leq 0.05$) entre tratamientos siendo mayor en las mezclas con 72% de tomate, 12% maíz molido y 20% pollinaza (TRT 6) y menor en aquellas con 82% tomate, 8% maíz y 10 % pollinaza (TRT 1). El contenido de paredes celulares (FDN) fue menor ($P \leq 0.05$) en ensilaje de tomate solo (CONTROL) que en aquellos conteniendo la mezcla de los tres ingredientes y aunque se observaron diferencias significativas entre estas no se observó un patrón definido según el nivel de inclusión de maíz o pollinaza.

De igual manera, la fracción de FDA (lignina, celulosa, minerales) y el contenido de hemicelulosa del tomate fermentado solo fue menor ($P \leq 0.05$) que ensilajes conteniendo maíz y pollinaza. El contenido porcentual de NDT, valor utilizado para estimar el aporte energético de los alimentos, fue mayor ($P < 0.01$) en ensilaje de tomate solo (CONTROL TRT) y 82% tomate mezclado con 8% maíz molido y 10% pollinaza (TRT 1) que en las otras 5 combinaciones. Sin embargo, en todos los tratamientos en valor de NDT fue mayor de 60%, considerado para clasificar un alimento con un alto contenido de energía.

Las características fermentativas del tomate de descarte ensilado solo coinciden con investigaciones relacionadas que han evaluado el ensilado de residuos de procesamiento de tomate (Ferne et al. 2017) (Aguilera-Soto et al. 2014). Ensilar tomate sin aditivos resulta en fermentaciones

con baja producción de ácidos totales, pero con el ácido láctico como principal producto de fermentación (> 70% del total), una relación AL:AC óptima y un bajo contenido de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total.

La acidez del tomate antes de fermentarse (pH: 4.97) y el almacenar este subproducto bajo condiciones anaeróbicas limita la proliferación y actividad de microorganismos no deseables para la fermentación como bacterias aeróbicas, levaduras, hongos los que degradan como ácido butírico y amonio.

Otros autores como Fernye et al. (2017) y Frobose et al. (1997) también han reportado que los tomates y sus subproductos de procesamiento tiene limitada capacidad de fermentación (ej. bajas concentraciones de ácido láctico), pero que es posible conservar su perfil de nutrientes si es almacenado en condiciones anaeróbicas siguiendo el procesamiento de producción de alimentos fermentados como ensilaje. En el presente estudio y después de periodos de 120 días de fermentación la conservación de los nutrientes, PB, FDN y FDA, del ensilaje de tomate con relación al material fresco fue de tomate fresco 91.37%, 92.28% y 96.27%, respectivamente. Asimismo, y tal como esperado el contenido de carbohidratos solubles en agua del tomate fermentado fue equivalente al 10.95% de su valor inicial, lo anterior como producto de su utilización como sustrato de la microbiología asociada al proceso fermentativo.

En este experimento la adición de maíz molido y pollinaza a tomates de descartes resulto en fermentación con un pH, producción de ácido láctico, ácido acético, y la relación ácido láctico: ácidos totales óptimo. Sin embargo, se detectó producción de ácido butírico en concentraciones no deseables y una relación nitrógeno amoniacal – nitrógeno total muy superior al valor mínimo esperado para considerarse un ensilaje de calidad y afectar su valor nutritivo como alimento. Asimismo, y aunque se observaron diferencias significativas en los valores porcentuales de materia seca y nutrientes de las mezclas fermentados, si hubo una eficiente conservación de nutrientes en todos los tratamientos, y el contenido nutricional del tomate fermentado solo (CONTROL TRT 7) o en

combinación fue equivalente con los diferentes niveles de inclusión del tomate, maíz en grano y pollinaza.

Es importante señalar que, durante la fase de alimentación, el consumo voluntario de los animales esta influenciado por diferentes factores como el medio ambiente, el animal, la alimentación, el entorno y el alimento. Dentro de los factores del alimento las características, influyen sobre el consumo animal. Alimentos fermentados con alto contenido de ácido butírico y nitrógeno amoniacal no solo son reflejo de fermentaciones no deseables, sino que limitan la palatabilidad y aceptabilidad del alimento afectando negativamente su consumo voluntario (Parrales y Pilarte 2023).

Cuadro 4

Contenido de nutrientes de ensilaje de tomates fermentado durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza

Tratamiento ¹	MS	PB ⁴	CSA ⁵	FDN ⁶	FDA	Hemicelulosa	NDT
1	18.44 ^c	19.70 ^{ab}	3.10 ^d	19.90 ^{cb}	14.10 ^d	5.80 ^e	70.33 ^{ab}
2	23.20 ^b	19.53 ^{ab}	3.40 ^{bc}	24.66 ^{abc}	17.80 ^{abc}	6.86 ^d	68.33 ^{bc}
3	25.90 ^a	21.96 ^a	4.16 ^a	27.63 ^{ab}	19.70 ^{ab}	7.93 ^{bc}	67.66 ^{bc}
4	22.23 ^b	14.40 ^c	3.20 ^d	24.06 ^{bc}	16.56 ^{bc}	7.50 ^{cd}	68.00 ^{bc}
5	27.26 ^a	15.00 ^c	3.36 ^{bc}	27.26 ^{ab}	19.13 ^{abc}	8.13 ^b	67.00 ^c
6	28.70 ^a	17.10 ^{bc}	3.90 ^{6ab}	31.00 ^a	21.33 ^a	9.67 ^a	65.66 ^c
7	6.33 ^d	20.56 ^a	3.73 ^{abc}	16.86 ^d	14.73 ^d	2.13 ^e	71.66 ^a
Probabilidad	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate. ^{abc} Medias con diferente letra en la misma columna difieren ($P \leq 0.05$)

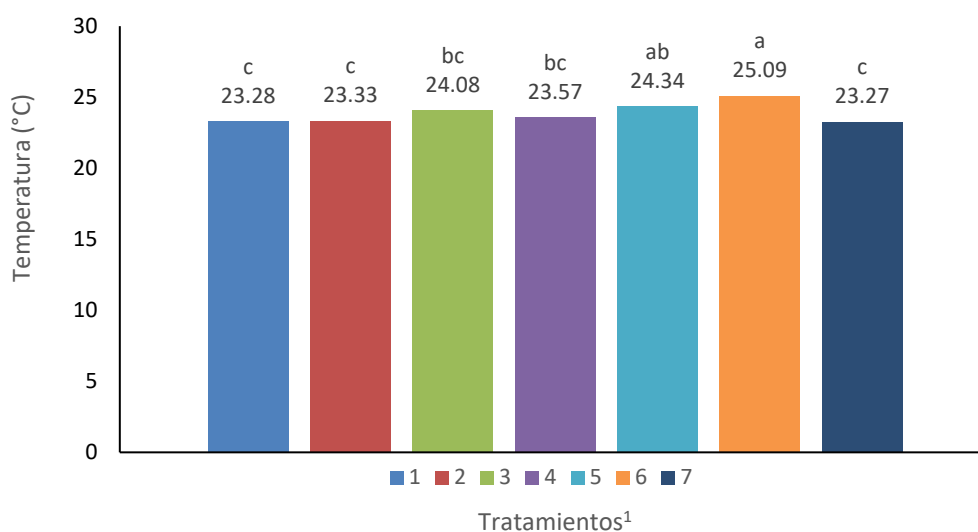
Estabilidad Aeróbica

El deterioro de los ensilajes expuestos a condiciones aeróbicas durante la fase de la alimentación es el resultado del metabolismo de azúcares residuales y ácidos orgánicos por bacterias aeróbicas, levaduras y hongos. La degradación de estos componentes por los microorganismos genera como producto de fermentación calor que genera un aumento en la temperatura y el pH de la masa fermentada expuesta a condiciones aeróbicas lo que afecta negativamente el consumo voluntario de los animales, disminuye su valor nutricional y la recuperación de la materia seca (Woolford 1990).

En este experimento los ensilajes resultantes se expusieron a condiciones aeróbicas durante 72 horas y se utilizó el valor de temperatura tomada cada cuatro horas como criterio de inestabilidad aeróbica. En los resultados de efecto principal del tratamiento, la temperatura fue menor ($P \leq 0.05$) en ensilajes fermentados con 100% tomate (CONTROL) o las mezclas conteniendo niveles de inclusión de tomate mayores de 75% de tomate y 8% maíz (TRTS 1 Y 2) que aquellos conteniendo 12% de maíz (TRT 4, 5 Y 6) y niveles de inclusión de tomate menores de 72% y 8% de maíz (TRT 3) (Figura 1). No se observó diferencias ($P = 0.05$) en la interacción tratamiento experimental y duración en horas de exposición al aire sobre la temperatura de los ensilajes resultantes.

Figura 1

Efecto principal de tratamiento sobre la temperatura de los ensilajes resultantes expuestos a condiciones aeróbicas durante 72 horas



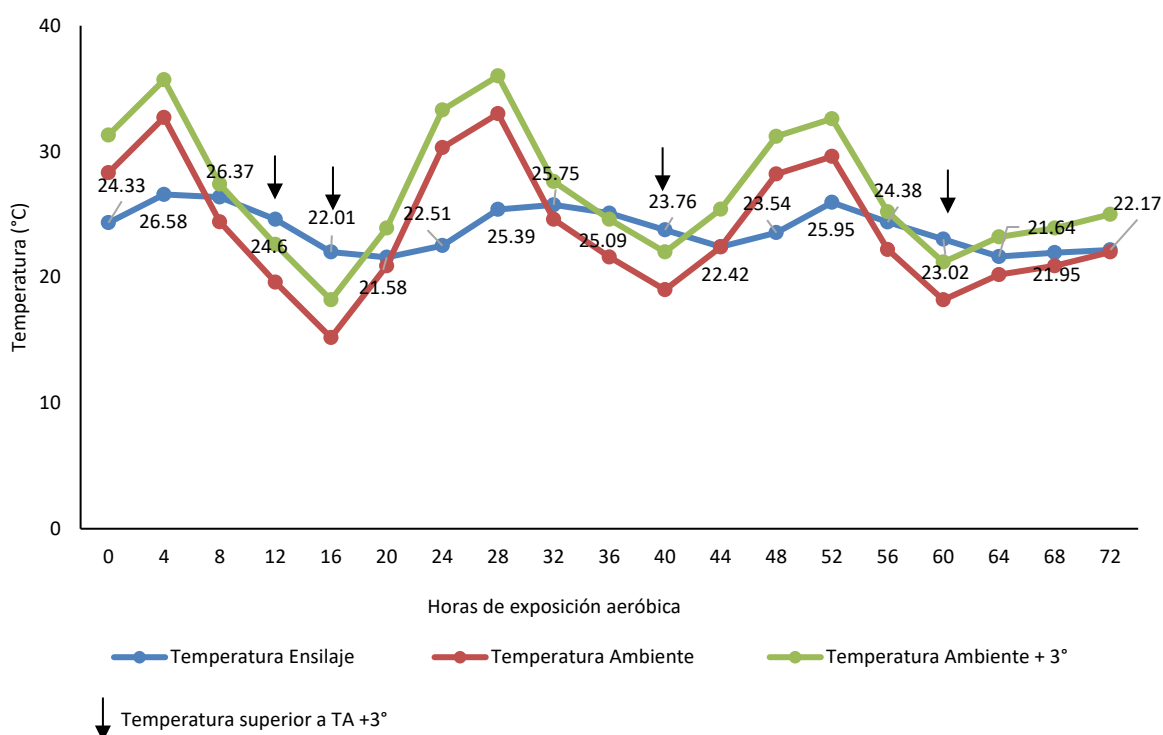
Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate. ^{abc}barras con diferentes letras difieren $P \leq 0.05$)

Se observó diferencias ($P \leq 0.05$) en el efecto principal de la duración en horas de exposición aeróbica sobre la temperatura de los ensilajes. Se observó el mayor y menor valor de temperatura a las 8 horas (26.37 °C) y 64 horas (21.64 °C) de exposición al aire. Se ha sugerido que un incremento de 3 °C sobre la temperatura ambiente representa la producción de calor suficiente para que un ensilaje

se clasifique como inestable bajo condiciones aeróbicas (Holguín et al. 2021). En este experimento dicho incremento se observó en tres ciclos, el primero entre 12 y 16 horas de exposición al aire, el segundo y tercero después de 40 y 60 horas, respectivamente (Figura 2).

Figura 2

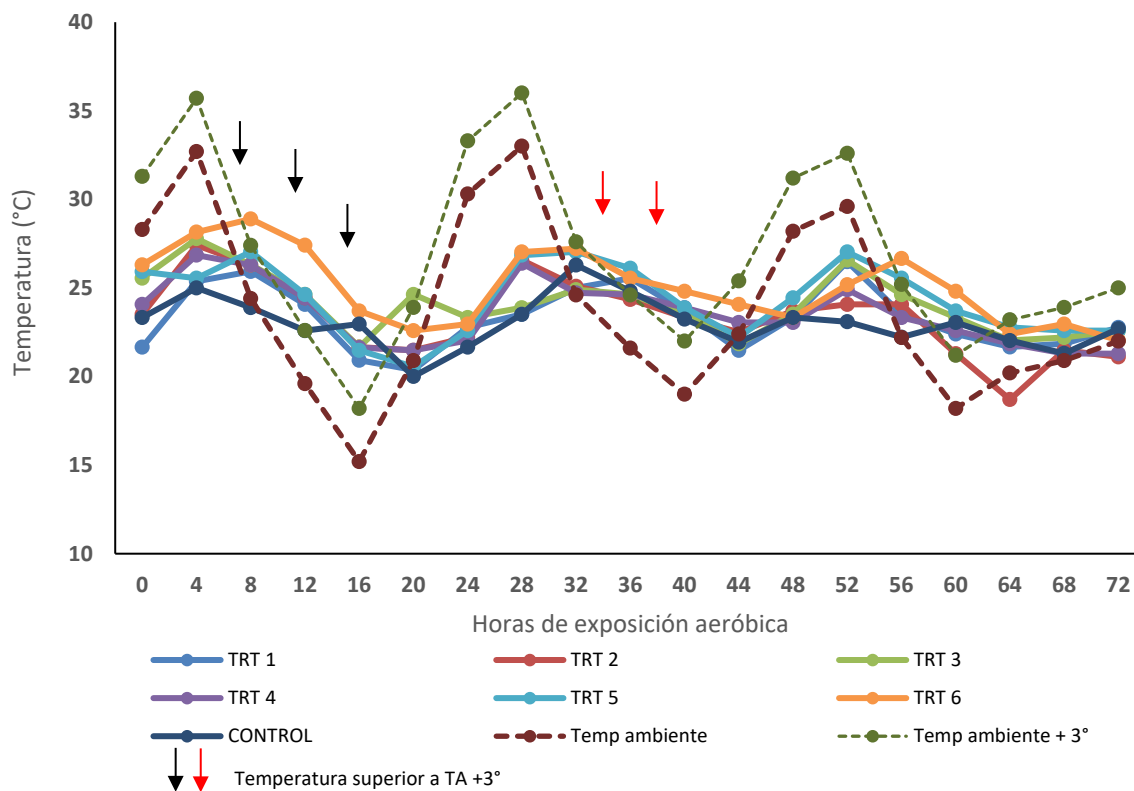
Efecto principal de la duración de exposición al aire sobre la temperatura de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza y expuesto a condiciones aeróbicas durante 72 horas



Al evaluar el incremento de 3 °C sobre la temperatura ambiente de los tratamientos experimentales a través de tiempo, el ensilaje resultante de la mezcla 72% tomate, 8% maíz molido y 20% pollinaza (TRT 6) alcanzo dichos valores a las ocho horas de exposición aeróbica (Figura 3). El incremento en temperatura de dicha mezcla con relación a la temperatura ambiente se observó hasta las 16 horas de exposición al aire, mientras que en los restantes 6 tratamientos este evento se observó después de 36 horas.

Figura 3

Temperatura de tomates fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza y expuesto a condiciones aeróbicas durante 72 horas



Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate.

El estudio de la estabilidad aeróbica de los ensilajes determina su durabilidad durante la fase de alimentación. Según mencionado previamente, al momento de su exposición a condiciones aeróbicas ocurren cambios microbiológicos y bioquímicos en la masa fermentada que resultan en la producción de calor y una disminución en la acidez y materia seca recuperada (Woolford 1990). Lo anterior como resultado del metabolismo de azúcares residuales y ácido láctico inicialmente por bacterias aeróbicas y levaduras y posteriormente por hongos afectando su perfil de nutrientes y consumo voluntario.

En este experimento solamente se utilizó el incremento en temperatura (mayor de 3 °C sobre la temperatura ambiente) como criterio de evaluación, siendo la mezcla 68% tomate, 12% maíz molido y 20% pollinaza (TRT 6) el único inestables durante las primeras doce horas de exposición al aire. Sin embargo, otros criterios como características organolépticas (ej. olor, color), evaluación visual y cuantificación numérica de microorganismos asociados con el deterioro aeróbico de ensilajes, y pruebas de consumo voluntario deben evaluarse en evaluaciones más certeras.

Densidad

La densidad de las mezclas al momento de llenar el silo osciló entre 760.82 a 901.01 kg/m³ (Cuadro 5). En la preparación de ensilajes la densidad determina la porosidad del material fermentándose, factor que afecta la tase de penetración de oxígeno en la masa fermentada durante la fase de alimentación (Garcia Martinez et al. 2017). En este experimento, aunque no se observaron diferencias en la densidad de los ensilajes después de 120 días de fermentación, el valor inicial fue menor ($P \leq 0.05$) en el tratamiento conteniendo 68% de tomate, 12% maíz molido y 20% (TRT 6) pollinaza que en las otras. Ese mismo tratamiento con la menor densidad inicial fue, basado en el incremento en temperatura, el más inestable de las siete mezclas una vez expuesto a condiciones aeróbicas, lo que podría explicar los resultados obtenidos.

Cuadro 5

Densidad de tomates antes y después de fermentados durante 120 días con dos niveles de inclusión de maíz molido y tres de pollinaza.

Tratamiento ¹	Densidad inicial (kg/m ³)	Densidad final (kg/m ³)
1	873.61 ^{ab}	772.93
2	883.16 ^{ab}	772.29
3	881.89 ^{ab}	760.82
4	901.01 ^a	762.10
5	890.81 ^{ab}	779.94
6	760.82 ^c	751.90
7	851.30 ^b	768.47

Nota. ¹Tratamientos experimentales; 1) 82% tomate, 8% maíz, 10% pollinaza; 2) 77% tomate, 8% maíz, 15% pollinaza; 3) 72% tomate, 8% maíz, 20% pollinaza; 4) 78% tomate, 12% maíz, 10% pollinaza 5) 73% tomate, 12% maíz, 15% pollinaza; 6) 68% tomate, 12% maíz, 20% pollinaza; 7) 100% tomate. ^{abc} Medias con diferente letra en la misma columna difieren ($P \leq 0.05$)

Conclusiones

Ensilar tomate sin aditivos resulta en fermentaciones con baja producción de ácidos totales, pero con el ácido láctico como principal producto de fermentación, una relación AL:AC optima, un bajo contenido de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total y una conservación de nutrientes, PB, FDN y FDA del 91.37%, 92.28% y 96.27%, respectivamente.

La adición de maíz molido y pollinaza a tomates de descartes no afecto la conservación y nutrientes de las mezclas fermentados, y resulto en fermentaciones con un pH, producción de ácido láctico, ácido acético, y la relación ácido láctico: ácidos totales óptimo, pero con producción de ácido butírico en concentraciones no deseables y una relación nitrógeno amoniacal – nitrógeno total muy superior al valor mínimo esperado para considerarse un ensilaje de calidad.

Utilizando como criterio el incremento de temperatura de la masa fermentado seis de las mezclas experimentales fueron estables a condiciones aeróbicas durante las primeras 12 horas de exposición al aire.

Recomendaciones

Identificar otros recursos para utilizarse como material absorbente y ensilar junto con el tomate con un contenido de materia inicial de 30%.

Analizar la interacción entre la pollinaza como material absorbente y fuente de nitrógeno con el maíz molido durante la fermentación de tomates de descarte.

Evaluar el ensilaje de tomate de descarte solo o en combinaciones como alimento, ya sea en pruebas de consumo voluntario o su uso como suplemento o ingrediente de raciones completas.

Referencias

- Aguilera-Soto JI, Carrillo-Muro O, Escareno-Sanchez LM, López-Carlos MA, Medina-Flores CA, Mendez-Llorente F, Ramírez-Lozano RG. 2014. Preservation of fresh tomato waste by silage. researchgate: Interciencia; [actualizado el 3 de feb. de 2023.000Z; consultado el 3 de feb. de 2023.284Z]. https://www.researchgate.net/publication/286171176_Preservation_of_fresh_tomato_waste_by_silage.
- Álvarez S, Fresno M, Méndez P. 2015. Ensilado de Destrío de Tomate para la Alimentación Caprina. Canarias, España: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias; [actualizado el 12 de ago. de 2023; consultado el 12 de ago. de 2023]. https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ensilado_Tomate.pdf.
- Aranda E, Arias F, Ramos J, Salgado S. 2018. Producción Y Evaluación De Alimentos Elaborados Con Caña De Azúcar (*Saccharum Spp.*) Y Pollinaza Fermentada En Estado Sólido. *Agro Productividad*. 9(7). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/785/652>.
- Argamentería Gutiérrez A, La Roza Delgado MBd, Martínez Fernández A. 2014. Manejo de forrajes para ensilar. Villaviciosa, Asturias: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 280 p. ISBN: 978-84-617-3234-0.
- Arica AI. 2016. En Arica botan miles de kilos de tomates calificados de descarte. La Tercera; [consultado el 3 de feb. de 2023.544Z]. <https://www.latercera.com/noticia/arica-botan-miles-kilos-tomates-calificados-descarte/>.
- Berrio L, Builes A, Garcés A, Ruíz S, Serna J. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*; [consultado el 9 de feb. de 2023]. 1(1):66–71. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf>.
- Blas Beorlegui C, Cegarra E, García Rebollar P, Gorrochategui M, Mateos GG, Méndez J, Pérez de Ayala P, Santomá G. 2019. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 4ª edición. Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. XIII, 604 páginas. ISBN: 978-8409156887.
- Callejo A. 2019. Conservación de forrajes (y XV): ensilado de subproductos. *Frisona Española*. (233). <https://www.revistafrisona.com/Noticia/conservacion-de-forrajes-xv-ensilado-de-subproductos>.
- Casaca ÁD. 2005. EL Cultivo del Tomate. [sin lugar]: PROMOSTA. 17 vol. ; [consultado 2023]. <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-tomate,-F.pdf>.
- Castillo A, Guevara F, Ramírez R, Romero L, Ruiz R, Venegas J. 2019. Análisis bromatológico y fermentación ruminal in vitro de excretas de origen animal para uso en la alimentación de rumiantes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22:107–113. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59883863/2019_Pinto_y_Guevara_Trop_and_Subtrop_Analisis_bromo20190627-29395-1qmpzpo-libre.pdf?1561663160=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DANALISIS_BROMATOLOGICO_Y_FERMENTACION_RU.pdf&Expires=1687929107&Signature=IfqjGzCLNAq5MVH4KMFy5AJ~cLOXqKsYtnJwkIbG8TE3R2XE9bOff5lbf1uQd8pTBSV37thY98VEjmAteTM2zCeYgmWfIHRBXS2iARYfOSoq~hkhBNIBaTw9FjekANXOm2tBIUCKVXgbide4au40XGi77Y2feVnSnqfH7W0JZqrVseHMlyw5e52qOP~uNb3go-04q6yQHyZL9hsY3va4JmkbrS9H0tYWUpCkKWMj55ZioqmHHaXV9Ia~6LBiyJyJU4ECzbX7LWhRC3tUMHfuLC6v7dHglcrg3O7TeL8sOGH-Z1N00~0z14XYnxcCf78EmPyltVTJ8y2a4esAi86w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

- Danner H, Holzer M, Mayrhuber E, Braun R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Appl Environ Microbiol.* 69(1):562–567. eng. doi:10.1128/AEM.69.1.562-567.2003.
- Driehuis F, Elferink SJWHO, Muck RE, Pahlow G, Spoelstra SF. 2003. Microbiology of Ensiling. En: Buxton DR, Harrison J, Muck RE, editores. *Silage science and technology*. Madison, Wis.: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America. p. 31–93 (Agronomy; vol. 42).
- Esperance M, ojeda F. 1997. Conservación de Forrajes. 3ª ed. Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba. 10 vol.
- Fernye C, Galló J, Katona K, Orosz S, Szemethy L. 2017. Tomato pomace silage as a potential new supplementary food for game species. *AFSci.* 26(2). doi:10.23986/afsci.59665.
- [FHIA] Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2009. Desempeño de doce cultivares de tomate de consumo fresco y once tipo roma y/o proceso evaluados en Comayagua, Honduras, 2008-2009 [Informe Técnico]. Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado el 12 de ago. de 2023]. <https://www.lamjol.info/index.php/FHIAPH/article/view/226>.
- [FHIA] Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2017. Programa de Hortalizas [Informe Técnico]. Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado el 12 de ago. de 2023]. http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Hortalizas-2017.pdf.
- Frobose DL, Koch ME, Weiss WP. 1997. Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. *J Dairy Sci.* 80(11):2896–2900. eng. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76254-4.
- Gallagher JR, Migwi PK, van Barneveld RJ. 2001. The nutritive value of citrus pulp ensiled with wheat straw and poultry litter for sheep. *Aust. J. Exp. Agric.* 41(8):1143. doi:10.1071/EA00080.
- García FR, Hernández F, Martínez TF, Megías MD, Sánchez JM, Teruel AM. 2008. El potencial del ensilado de tomate en la alimentación de pequeños rumiantes. *Albítar.* 115:68–71. https://www.researchgate.net/profile/Fg-Barroso/publication/28308767_El_potencial_del_ensilado_de_tomate_en_la_alimentacion_de_pequenos_rumiantes/links/5a1333e5aca27217b5a10909/El-potencial-del-ensilado-de-tomate-en-la-alimentacion-de-pequenos-rumiantes.pdf.
- García Martínez A, Gómez Rodríguez VM, Heredia Nava D, Olmos Colmenero JDJ, Ramírez Vega H. 2017. Diagnóstico de la calidad de los ensilados de maíz en los Altos de Jalisco. México: Estudios económicos y sociales de la producción pecuaria. ISBN: 978-607-12-0477-6. spa. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68880>.
- Holguín VA, Cuchillo M, Mora-Delgado J. 2021. Indicadores de estabilidad aeróbica en ensilajes de la mezcla *Tithonia diversifolia*/Pennisetum purpureum enriquecidos con *Lactobacillus*. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 24(2). doi:10.31910/rudca.v24.n2.2021.2093.
- [INCAP] Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, [OPS] Organización Panamericana de la Salud. 2018. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Publicación Científica INCAP E-55. 35:129–143. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/11945/s1n1p129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Martínez Guardia M, Medina Arroyo HH, Palacios Palacios I. 2016. Composición química del grano de maíz (*Zea mays*) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. *rev.investig.agrar.ambient.* 7(1). doi:10.22490/21456453.1619.

- Martín-García I, Pérez A, Yáñez-Ruiz D. 2017. Ensilado de tomate en la alimentación de caprino lechero. *Tierras Caprino*. (19):69. https://www.researchgate.net/publication/320730184_Ensilado_de_tomate_en_la_alimentacion_de_caprino_lechero.
- Mata L. 2017. *Tabla de Composición de Materias Primas Usadas en Alimentos para Animales*. 2ª ed. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Facultad de Agroalimentarias, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. ISBN: 978-9968-919-31-9.
- Parrales G, Pilarte J. 2023. Patrones de fermentación en ensilaje de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus alba* L. y aditivos biológicos. [Tesis]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 12 de ago. de 2023]. <https://repositorio.una.edu.ni/4649/>.
- Pitman WD, Sotomayor-Rios A. 2002. Tropical Forage Plants. *Journal of Range Management*. 42(2). doi:10.1201/9781420038781.
- Rodríguez A. 1996. Studies on the efficacy of a homofermentative lactic acid producing bacterial inoculant and commercial plant cell wall-degrading enzyme mixtures to enhance the fermentation characteristics and aerobic stability of forages ensiled in temperate and tropical environments. [Tesis]. East Lansing, MI: Michigan State University; [consultado el 12 de ago. de 2023]. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2956/1553.
- [SAS] Statistical Analysis Sistem. 2004. *SASETS 9.1: User's guide*. Cary N.C.: SAS Pub. v. <1-3>. ISBN: 1-59047-244-6.
- Torres J. 2020. Comparación de tres tipos de ensilaje (maíz, sorgo, y caña de azúcar) en la producción de leche: Revisión de literatura [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 12 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5940d5b8-7722-4a5e-af12-c9930785df3d/content>.
- Woolford MK. 1990. The detrimental effects of air on silage. *J Appl Bacteriol*. 68(2):101–116. eng. doi:10.1111/j.1365-2672.1990.tb02554.x.