

ENSILADO DE MANGO Y LACTOSUERO: UNA ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN EN VACAS LECHERAS

Andrea Borrero Manrique¹
Karen Cujía Mendieta²

Asesor: Clara Gutiérrez Castañeda³

Resumen

El aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo con el objetivo económico de valorizarlo y obtener un producto o subproducto utilizable. En Colombia se cuenta con dos períodos climáticos bien diferenciados, la época lluviosa donde abundan pastos y la época seca en la que escasean, lo que conlleva a utilizar diferentes vías en la conservación de alimentos para el consumo animal sobre todo en períodos de poca disponibilidad.

El mango es uno de los subproductos agrícolas aprovechables en la dieta para rumiantes solo o mezclado con algunos forrajes. Los residuos de mango se combinan con lactosuero, un subproducto de interés para la nutrición animal por su composición y calidad de proteína. Una alternativa viable de aprovechamiento de estos subproductos es el ensilaje, donde uno de los aspectos metodológicos desarrollados para mejorar su valor nutritivo es el uso de inóculos biológicos, como bacterias ácido lácticas resaltando el género *Pediococcus*. Esta investigación de tipo documental, presenta los beneficios y criterios para la elaboración de ensilados con base en mango y lactosuero a fin de contrarrestar el efecto negativo que provocan los períodos secos en la producción bovina. Se determinó que la combinación de mango y lactosuero permite el aumento de proteína en la dieta para rumiantes y obtener leche de mejor calidad.

Palabras clave: Ensilaje, Residuos Agroindustriales, *Pediococcus acidilactici*, Lactosuero, Mango.

¹ Estudiante X semestre de Microbiología. Universidad Libre Seccional Barranquilla.
aborrero016@unilibrabq.edu.co

² Estudiante X semestre de Microbiología. Universidad Libre Seccional Barranquilla.
kcujia013@unilibrebaq.edu.co

³ MSc. Docente Investigador. Grupo GEA. Universidad Libre Seccional Barranquilla.

Abstract

Harvesting is understood as the set of successive phases of a process, when the initial matter is a waste with the economic objective of valorizing it and obtaining a usable product or byproduct. In Colombia there are two distinct climatic periods, the rainy season where pastures abound and the dry season in which they are scarce, which leads to the use of different routes in the conservation of food for animal consumption, especially in periods of low availability. Mango is one of the viable agricultural by-products in the diet for ruminants alone or mixed with some forages. Mango waste is combined with whey, a byproduct of interest for animal nutrition because of its composition and protein quality. A viable alternative to these by-products is silage, where one of the methodological aspects developed to improve its nutritional value is the use of biological inocula, such as lactic acid bacteria highlighting the genus *Pediococcus*.

This documentary research presents the benefits and criteria for the production of silage based on mango and whey in order to counteract the negative effect of dry periods on the production of cattle. It was determined that the combination of mango and whey allows the increase of protein in the diet for ruminants and obtain milk of better quality.

Keywords: Silage, Agroindustrial residues, *Pediococcus acidilactici*, Whey, Mango.

Introducción

El ensilaje es un método de conservación de forrajes, residuos agrícolas o subproductos agroindustriales a través de proceso de fermentación natural⁽¹⁾. En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos de igual forma que al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para su aprovechamiento⁽²⁾ los residuos utilizables se definen como aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial⁽³⁾.

Dentro de los subproductos agrícolas y agroindustriales aprovechables en alimentación animal se encuentran los provenientes del sector hortofrutícola, destacándose por su dinámica de crecimiento agrícola e industrial el mango. De la cadena del mango se calcula que se descartan del 35 a 60% del peso total de esta fruta; el cual incluye cascara y semilla, las cuales presentan una variación en su proporción del 20 al 30% y de 10 a 30% respectivamente⁽³⁾. Por su parte en otras literaturas mencionan que durante el procesamiento de esta fruta ya sea para producir jugos y pulpas se desechan cantidades de residuos que corresponden aproximadamente de un 28% a un 43% del peso total de la fruta⁽⁴⁾. Dependiendo de la variedad de mango, la cáscara puede constituir de un 16 a un 18% del peso total del fruto y el hueso del 23 al 29%, por lo que junto con la pulpa que queda

adherida a estos, un importante volumen de desechos se genera en las plantas procesadoras de mango (deshidratadoras y despulpadoras)⁽⁵⁾.

En lo que respecta a los residuos de la industria láctea, aproximadamente el 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero el cual retiene cerca de 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales⁽⁶⁾. La industria láctea es uno de los sectores más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo, por lo que el sistema de producción bovina juega un papel importante.

A nivel mundial Colombia se ubica como el décimo país con mayor población bovina en el mundo, sólo es superado en la región por Brasil, Argentina y México. En Colombia la región norte del país es la de mayor participación en la producción ganadera (28%), seguida de la región oriental (27%)⁽⁷⁾. La orientación de la explotación del hato ganadero en Colombia es principalmente hacia ganadería de carne, de acuerdo con cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) y la actividad que prevalece es el doble propósito⁽⁸⁾. El sector lácteo en el Departamento del Atlántico se ha fortalecido, por la existencia de dos empresas lecheras, Coolechera y Ciledco, que se ubican entre las diez primeras del país, tanto en acopio de leche como en comercialización⁽⁹⁾. Lo anterior, evidencia la importancia que tiene la producción láctea en el Atlántico.

El aprovechamiento de subproductos del mango por el rumiante es limitado por su bajo contenido proteíco y disponibilidad de la fibra debido a su alto contenido de lignina. Por esta razón, el mango se combina con lactosuero que es un subproducto de interés para la nutrición animal por su composición y calidad de proteína⁽²⁾ ya que la deficiencia de proteína provoca problemas de salud por ejemplo la hipoproteinemia que es causada por la disminución de proteínas en el bovino por malnutrición⁽¹⁰⁾. Estos subproductos pueden ser empleados en combinación con forrajes⁽¹¹⁾ para mejorar la alimentación animal⁽¹²⁾ teniendo en cuenta que una ración totalmente mezclada puede ayudar a obtener el máximo rendimiento de la vaca lechera que se clasifica en baja, media o alta productora según la cantidad de leche que produce⁽¹³⁾.

Esta investigación presenta los beneficios en la utilización de ensilados a base de mango y lactosuero en la alimentación de vacas lecheras a fin de considerar su utilización en épocas críticas para la disponibilidad de alimentos.

El ensilaje, una alternativa adecuada para preservar desechos agroindustriales.

El ensilaje es un proceso mediante el cual se conserva el forraje a través de fermentaciones que aumentan la acidez hasta un nivel que inhiben toda actividad

enzimática y microbiológica posterior. En el caso específico de los residuos de mango, existen antecedentes e investigaciones recientes que refieren la utilización de residuos del procesamiento del mango y otras frutas maduras en la alimentación animal⁽¹⁴⁾. La fabricación de ensilajes con los excedentes de pastos y forrajes, obtenidos en la época de más abundancia constituye una forma de conservación, pero tiene algunos inconvenientes relacionados con su valor nutritivo, técnicas de confección y costo, lo cual ha estimulado la búsqueda de otras materias primas para la producción de ensilaje⁽¹⁵⁾.

Para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes, se encuentra el uso de melaza en diferentes concentraciones y de aditivos químicos de variado efecto. No obstante, existen algunas dificultades en el uso de estos, como su elevado costo en el caso de la miel y de algunos aditivos químicos, así como su efecto corrosivo y las altas dosis que a veces es necesario aplicar, unido a problemas en la manipulación de los mismos. Otros investigadores han encontrado que con el uso de inoculantes microbianos como bacterias ácido lácticas, se mejora la calidad fermentativa e indicadores de consumo y digestibilidad del ensilaje⁽¹⁵⁾. La técnica de ensilaje ha demostrado ser una alternativa adecuada para preservar desechos agroindustriales de frutas tropicales⁽¹⁴⁾. Esta opción es la forma más económica y práctica de conservar los residuos durante un lapso prolongado; el ensilado es de buen gusto para el ganado, le aporta nutrientes y mejora su productividad; permite ahorros al productor y mejorar sus ingresos⁽¹⁶⁾.

Estrategias para la integración de sistemas de producción agrícola y aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Uno de los principales problemas de la ganadería es la no integración a otros sistemas productivos de tal forma que se aproveche las potencialidades del trópico, como la producción de biomasa y el uso de productos y subproductos agroindustriales en la alimentación de los animales. Una de las estrategias es una mayor integración de los sistemas de producción agrícola y agroindustrial con los sistemas de producción ganadera para aprovechar los residuos de cosecha o de los procesos de industrialización con el objetivo de diseñar sistemas de suplementación que contribuyan a solucionar los problemas de la estacionalidad, para lo cual se requiere diversas alternativas dentro de las cuales están los residuos de la industria de frutas y hortalizas⁽¹⁷⁾.

La existencia en nuestro país de dos estaciones bien diferenciadas, una lluviosa donde abundan los pastos y forrajes y otra poco lluviosa en que estos escasean ha conllevado a utilizar diferentes vías en la conservación de alimentos para el consumo animal en períodos donde existe poca disponibilidad⁽¹⁵⁾. La estacionalidad de la producción de frutas tropicales, unido a la necesidad de buscar una alternativa sustentable para la utilización de sus residuos y disminuir su efecto contaminante, son condicionantes que posibilitan su utilización en forma de ensilaje⁽¹⁴⁾. La práctica

del ensilaje contrarresta el efecto negativo que provocan los períodos secos en la producción bovina, como es la pobre disponibilidad de forrajes tanto en cantidad como en calidad, creando una disminución en la producción de leche y carne⁽¹⁴⁾.

En términos generales, los residuos hortofrutícolas son materiales de naturaleza fibrosa, con alta concentración de fibra, pectinas y de gran aporte energético, razón por la cual se han utilizado en dietas para vacas lecheras y animales de engorde⁽⁴⁾.

Necesidades nutricionales en vacas lecheras

La alimentación bovina es uno los factores de mayor importancia para lograr expresar su potencial en las diferentes etapas de crecimiento y producción en la que se encuentre. Un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes dará como resultado niveles altos de producción⁽¹¹⁾.

Los nutrientes claves en la alimentación bovina son: proteína, fibra, grasa, macrominerales, microminerales, agua y vitaminas. Estos nutrientes son importantes para el bovino para todas sus funciones fisiológicas. La necesidad nutricional está influenciada por factores como el peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros⁽¹¹⁾. En cada etapa de desarrollo del bovino se tienen diferentes demandas de nutrientes, una ternera, vaquilla y vaquillona tienen menores necesidades que las vacas. Así mismo la cantidad de algunos insumos del alimento ingerido deben ser limitados o nulos según la edad o desarrollo del sistema digestivo⁽¹¹⁾.

Los alimentos para el ganado se dividen principalmente en dos grupos: los forrajes y los concentrados. Los forrajes favorecen la fermentación, tienen alto contenido de fibra y baja energía (30-90% de fibra no digerible), el contenido de proteína es variable dependiendo de la maduración siendo en leguminosas entre el 15 al 23%, en granos entre el 8 al 18% y para residuos de cosecha entre el 3 al 5%⁽¹⁸⁾. Los concentrados presentan un bajo contenido de fibra, alto contenido de energía, son altamente palatables y no estimulan la rumiación. Se ha observado que el contenido de concentrado en vacas lecheras no debe superar el 70%⁽¹¹⁾.

Cabe mencionar que las deficiencias de minerales en el ganado, han sido reportadas en casi todas las regiones del mundo, siendo consideradas como minerales críticos para los rumiantes en pastoreo el Calcio, Fosforo , Sodio, Cobalto, Cobre, Yodo, Selenio y Zinc, otros como el hierro y molibdeno disminuye conforme avanza la edad del forraje. En las fórmulas de alimentación de los bovinos en el Sur del Atlántico las sales son deficientes⁽¹⁹⁾.

El mango producto hortofrutícola aprovechable en la alimentación de los rumiantes.

En Colombia, se produce mango en abundancia y es utilizado en gran proporción por la industria procesadora de alimentos⁽²⁰⁾, en el país se identifican tres regiones productoras: Cundinamarca-Tolima (60%), Costa Atlántica (23%) y Antioquia (7%)⁽²¹⁾. La región más productora es Cundinamarca-Tolima, en Cundinamarca existe el mayor número de hectáreas sembradas (2981) y una producción de 30266 toneladas anuales, Tolima cuenta con 2768 hectáreas y 38900 toneladas⁽²¹⁾. En el Departamento del Atlántico se reportó una producción de 4813 toneladas⁽¹⁸⁾. Específicamente para el año 2007, la producción de mango fue superior a 31 millones de toneladas⁽²²⁾ y por mencionar un ejemplo, en la Central Mayorista de Antioquia en Colombia se producen 30 toneladas diarias de residuos orgánicos, que considerando sólo los de mango son aproximadamente de 1,7 a 2,5 ton/día lo que daría una buena cantidad para sacar subproductos⁽²³⁾. Para el año 2012 se registró una producción de 256 mil toneladas de mango⁽²¹⁾.

En Colombia, durante el procesamiento agroindustrial del mango se descartan del 35 al 60% del peso total de la fruta, el cual incluye cascara, semilla, resto de pulpa y fibra⁽¹⁴⁾. Estos residuos de mango contienen gran cantidad de tejido lignocelulósico, el cual puede ser aprovechado para la obtención de metabolitos fermentables y productos de la fermentación⁽²³⁾. El aprovechamiento de estos subproductos del mango por el rumiante está limitado por su bajo valor nutritivo ya que estos productos se caracterizan por tener bajo contenido de proteína, son sumamente fibrosos y la disponibilidad de su fibra es reducida por su alto contenido de lignina⁽²⁴⁾.

El mango nutricionalmente, se compone por carbohidratos, proteína, fibra, vitaminas como la C, E , K, B1, B2 , B3, B5, B7, y B9, minerales como el calcio y el fosforo también por macroelementos como magnesio, hierro, sodio, y potasio, microelementos como el zinc , ácidos como el pantoténico y el fólico además de pigmentos carotenoides como la luteína y la zeaxantina⁽¹⁾. Todos estos complejos nutricionales son importantes para los bovinos ya que los requiere para cumplir con sus necesidades básicas. Estas se expresan como demanda diaria y están influenciados por una serie de factores como el peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros.

El mango tiene un alto contenido de compuestos bioactivos (polifenoles y carotenoides), de importancia para la salud del ganado por sus múltiples efectos biológicos como antioxidantes⁽²⁵⁾, además, tienen una acción inmunomoduladora, antiviral y antitumoral⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾. Las técnicas de alimentación han provocado cambios en la composición de las dietas, conservación de forrajes (henificado o ensilado), raciones más integrales, ingredientes nuevos, etc. Todo esto provoca que la suplementación de vitaminas sea una necesidad y el β-caroteno y los polifenoles no es la excepción. Con el correr de los años, los animales se han vuelto más eficientes

en producción de carne y leche. Hoy en día se observan vacas lecheras que han duplicado su producción anual de leche en un período de siete años; y esto demanda una mejor alimentación y nutrición de estos animales, así como mayor demanda de vitaminas liposolubles⁽²⁵⁾.

Las cáscaras y el hueso del mango son ricos en pectina, polifenoles y mangiferina en las cáscaras y ácidos grasos poliinsaturados en el hueso⁽²⁷⁾ (Tabla 1). La pectina varía de acuerdo a la variedad de mango y se consideran de alta calidad. La cascara presenta mejores características nutricionales en comparación con la semilla principalmente por sus contenidos de carbohidratos no estructurales: A y B1 en especial por la fracción de azúcares⁽²⁷⁾. La variedad Tommy Atkin presenta mayores porcentajes de materia seca y carbohidratos no estructurales y menores porcentajes de lignina que la variedad Keitt⁽²⁸⁾.

En cuanto a la comparación de las grasas (extracto etéreo) presentes en la semilla de mango, el mayor porcentaje lo constituyen los lípidos neutros con un 94,7% seguidos por los fosfolípidos 3,6 % y glicolípidos 1,7 %. Dentro de los lípidos neutros se destacan los triglicéridos con un 88,4 % como porcentaje del total de los lípidos⁽²⁷⁾. De los fosfolípidos se resalta la presencia de fosfatidil colina y fosfatidil etanolamina, en cuanto a los ácidos grasos presentes en los lípidos neutros y los fosfolípidos los resultados revelan que del total de lípidos el 44,6% son saturados y el restante 46,5 % son insaturados, presentando una relación de insaturados: saturados entre 1,2 y 1,3⁽²⁷⁾.

Tabla 1. Información nutricional de los dos principales residuos agroindustriales del procesamiento de mango.

Parámetro	Residuo agroindustrial	
	Casca de mango	Semilla de mango
Materia seca (%)	17.4	49.3
Proteína bruta (% de la MS)	4.9	6.0
Extracto etéreo (% de la MS)	1.4	11
Carbohidratos totales (% de la MS)		77
Fibra en detergente neutro (FDN) (% de la MS)	23.7	

Fibra en detergente acido (FDA) (% de la MS)	14.0	
Hemicelulosa (% de la MS)	9.6	
Cenizas (% de la MS)		2

Fuente: (Engels et al, 2009)⁽²⁷⁾

Lactosuero y su aprovechamiento en la alimentación de rumiantes

En el proceso de elaboración de los quesos se producen entre 7 y 9 litros de lactosuero por cada kilo de queso producido. En relación al tratamiento de vertidos en la industria láctea, datos indican que solo el 18,9% de la industria realiza un tratamiento adecuado de los residuos líquidos, el 21,8% realiza un proceso no adecuado y la mayoría con un 59,4% no realiza ningún tipo de manejo y va directamente al alcantarillado en el mejor de los casos o es adicionado indebidamente a otros derivados lácteos⁽²⁹⁾. En el año 2006 se estimó que se produjeron en Colombia 6024 millones de litros de los cuales, aproximadamente un 18% (1084 millones de litros) se destinó a la producción de quesos, se estima que la producción nacional de lactosuero para este año alcanzó los 921672 millones de litros.

Existen dos tipos de lactosuero dependiendo principalmente del método de coagulación en la elaboración de quesos, el lactosuero dulce que se obtiene por coagulación con renina a pH 6,5 y el lactosuero ácido que resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales. En la tabla 2 se puede detallar la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido⁽³⁰⁾⁽⁶⁾. Entre los nutrientes más abundantes del lactosuero se encuentran la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco). Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico. Este gran contenido de nutrientes genera aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido, siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO⁽⁶⁾.

Tabla 2. Composición de lactosuero dulce y ácido.

Componente	Lactosuero dulce (g/l)	Lactosuero acido (g/l)
Solidos totales	63. 0 - 70. 0	63. 0 - 70. 0
Lactosa	46.0 - 52.0	44.0 - 46.0
Proteína	6.0 – 10.0	6.0 – 8.0
Calcio	0.4 – 0.6	1.2 – 1.6
Fosfatos	1.0 3.0	2.0 – 4.5
Lactato	2.0	6.4
Cloruros	1.1	1.1

Fuente: Parra Huertas, 2008⁽³⁹⁾

Algunas posibilidades de la utilización de este residuo han sido propuestas, pero las estadísticas indican que una importante porción de este residuo es descartada como efluente el cual crea un serio problema ambiental⁽³¹⁾, debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto⁽⁶⁾.

Estrategias biotecnológicas para el mejoramiento del valor nutricional de ensilajes

Se pueden emplear diferentes aditivos para acelerar el proceso de ensilaje como la melaza, pulpa de cítricos y maíz triturado. Estos proveen una fuente de azúcares solubles que las bacterias utilizan para producir ácido láctico, ensilajes de maíz y de sorgo contienen suficiente cantidad de azúcares solubles y normalmente no requieren aditivos. Los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (p. ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje⁽³²⁾.

Otro tipo de aditivos son los inóculos que son bacterias vivas disponibles comercialmente⁽³³⁾ como Bacterias Ácido Lácticas (BAL). Estas son utilizadas como aditivo biológico y se clasifican de acuerdo al tipo de fermentación en homofermentativas y heterofermentativas (Tabla 3). La población de BAL aumenta

en el rumen cuando la dieta consumida por los rumiantes contiene una proporción alta de carbohidratos de fermentación rápida (almidones y azúcares) que son transformados por la actividad homofermentativa de las BAL en ácido láctico principalmente, las bacterias que realizan heterofermentación no pueden ser utilizadas en los ensilajes porque son menos eficientes en la producción de ácido láctico⁽³²⁾. Las bacterias que producen ácido láctico pertenecen a la microflora epífctica de los vegetales. Los géneros de BAL asociados con el proceso de ensilaje son: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, además son capaces de modificar el pH del ensilaje a valores ácidos entre (4 y 5), dependiendo de las especies y el tipo de forraje⁽⁴⁾.

Tabla 3. Principales bacterias ácido lácticas en los ensilajes de acuerdo al tipo de fermentación.

Bacterias acido lácticas según el tipo de fermentación	
Homofermentativas	Heterofermentativas
<i>Lactobacillum plantarum</i>	<i>Lactobacillum brevis</i>
<i>Lactobacillum casei</i>	<i>Lactobacillum buchneri</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillum fermentum</i>
<i>Streptococcus lactis</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Streptococcus faecium</i>	
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	
<i>Pediococcus acidilatici</i>	

Fuente: (Conde Pulgarín & Sandoval Aldana, 2013)⁽³⁾

Pediococcus se ha encontrado siempre involucrado en las fermentaciones de forrajes, pues tiene altos rendimientos en cuanto a la producción de ácido láctico, por lo que su utilización se ha extendido incluso a la conservación de productos cárnicos debido a que inhibe muy eficientemente el desarrollo de bacterias indeseables y es utilizado como regulador de la fermentación, porque fermenta activamente los carbohidratos solubles vegetales. Es altamente resistente a la acidez, lo que le permite ocupar una posición dominante con relación a otros grupos presentes en el ensilaje⁽³²⁾. Las especies de *Pediococcus* a menudo se utilizan en el proceso de ensilaje, es una bacteria homofermentativa obligada, produce más de 85% de ácido láctico a partir de hexosas como la glucosa, pero no pueden degradar las pentosas como la xilosa. *Pediococcus* es más tolerante a la acidez que el género *Streptococcus*. De los inoculantes biológicos utilizados comúnmente en ensilaje

resulta significativamente superior *Pediococcus acidilactici* sobre *Lactobacillus plantarum*, porque mejora el patrón fermentativo del material conservado, al disminuir la producción de metabolitos indeseables como el ácido butírico, el nitrógeno amoniacal y el ácido acético. Estos efectos repercuten positivamente en el valor nutritivo del alimento, expresado en un mayor consumo y digestibilidad de los nutrientes⁽³²⁾.

Valoración de la calidad de ensilaje

La calidad final del ensilado depende tanto de las materias primas como de la aplicación adecuada de la técnica. Entre los factores de la materia prima se destacan la altura de corte, el nivel de humedad, el tamaño de las partículas, la porosidad de la masa forrajera, la resistencia a la compactación y la calidad fermentativa, determinada por la concentración de ácidos orgánicos, nitrógeno amoniacal y pH⁽³⁴⁾. Los forrajes con una concentración entorno al 6-8% de carbohidratos solubles (CS)⁽³⁵⁾, contenido de materia seca entorno al 32-35% con bajo poder tampon y valor proteico superior al 8% constituyen una adecuada materia prima para ensilar⁽³⁶⁾. El mango en general presenta en el caso de la semilla un 77% de carbohidratos totales, estos favorecen la fermentación y permiten rápidamente el alcance de valores bajos de pH con lo cual se inhibe el desarrollo de toda actividad biológica; si el material a ensilar no tiene la cantidad de CS adecuados, estos deben ser adicionados. En lo que respecta a la materia seca los constituyentes del mango presentan un porcentaje de 17,4% en la cascara y 49,3% en la semilla⁽²⁷⁾; teniendo en cuenta que los subproductos en general no superan los contenidos de materia seca de 22% y 33% para la cascara y semilla respectivamente, se debe utilizar una materia prima de bajo costo, en el momento de utilizarlo, con alto contenido de materia seca, mínimo 88%, como es el caso de la harina de arroz⁽⁴⁾.

La calidad de los ensilados se determina a través de indicadores fermentativos y sensoriales. **Los indicadores sensoriales** para evaluar la calidad del ensilaje son color, olor, textura y grado de humedad; el color del ensilaje debe ser verde aceituna para considerarlo como ensilaje de excelente calidad y de color amarillento para un ensilaje de buena calidad. El olor del ensilaje de excelente calidad es agradable con olor a fruta madura y el ensilaje de buena calidad es agradable con ligero olor a vinagre. No deja residuos en las manos al ser tocado, la textura del ensilaje de excelente calidad es firme y el ensilaje de buena calidad presenta una textura medianamente firme; según el grado de humedad, los ensilados de excelente y buena calidad no deben humedecer las manos al ser comprimido dentro del puño, con una presión normal que mantiene suelto el ensilaje.

Entre los **indicadores fermentativos** a evaluar en la calidad del ensilaje se encuentran el valor de pH, los cuales deben ser inferiores a 4,2 cuando esto sucede se ha logrado la estabilidad fermentativa, valores de pH entre 3,8 y 4,2 indican dominancia de la fermentación acido láctica, el contenido de materia seca debe ser

superior al 25% y por último, con respecto al nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total tenemos que en los ensilajes bien conservados se considera como optima una concentración menor de 7%-10% de nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total⁽³⁷⁾.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los volúmenes de residuo y las dificultades de obtención de alimento en época seca para el ganado, una estrategia es el ensilaje, a partir de residuos de mango y lactosuero; esta técnica permite la fermentación de carbohidratos solubles presentes en un forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempos de escasez, y conservar su calidad y palatabilidad a un bajo costo, lo cual permitirá aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución de algunos concentrados⁽³⁸⁾.

Pediococcus acidilactici se ha encontrado siempre involucrado en las fermentaciones de forrajes, pues tiene altos rendimientos en cuanto a la producción de ácido láctico, por lo que su utilización se ha extendido incluso a la conservación de productos cárnicos porque inhibe eficientemente el desarrollo de bacterias indeseables y es utilizado como regulador de la fermentación, porque fermenta activamente los carbohidratos solubles vegetales.

Los residuos de mango tienen un alto contenido de compuestos bioactivos (polifenoles y carotenoides), de importancia para la salud del ganado por sus múltiples efectos biológicos como antioxidantes y es rico en vitaminas y minerales⁽³⁰⁾ los cuales son vitales para sus necesidades básicas. En el caso del lactosuero los nutrientes más abundantes son la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco)⁽⁴⁰⁾. Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico. La combinación de mango y lactosuero permite el aumento de proteína en la dieta para rumiantes.

Un ensilaje diseñado de acuerdo a las necesidades nutricionales de la vaca conlleva a mejorar la calidad de la leche que produce, ensilajes con exceso de nutrientes lleva a vacas gordas. La alimentación prolongada de esta ración puede tener un efecto negativo para la salud de la vaca, que tiende más a ser afectada por hígado graso, cetosis, y distocia (dificultades de parición). Por otro lado, ensilajes insuficiente en la ración limita la ingestión de energía y la producción de leche. Por estas razones, la alimentación de la vaca debe ser equilibrada para con esto mejorar

la calidad de la leche o carne que produce. Dentro de los beneficios que se obtienen es mejorar el porcentaje de grasa de la leche.

El ensilaje a partir de residuos de mango y lactosuero junto con la adición de bacterias ácido lácticas mejora la producción de ácido láctico y permite eliminar todos los ácidos indeseables que no deben estar presentes en el ensilaje como el ácido propiónico, isobutírico, butírico, isoalálico y valérico, ya que estos obligan al animal a utilizar la energía disponible para depositar tejido adiposo (aumento de peso corporal) en lugar de síntesis de leche, a diferencia de ácido láctico y ácido acético solo en una concentración de 1,8%.

Referencias

1. INFOAGRO. 2011. www.infoagro.com/hortalizas/residuos-agr%C3%ADcolas.htm. Consultado el 04/02/2011
2. Méndez, R. 1995. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Unisur, Santa Fe de Bogotá. 1995, 336 p.
3. Conde Pulgarín, Abelardo, & Sandoval Aldana, Angélica Piedad. Calidad nutricional de los subproductos agroindustriales del mango (*Mangifera indica*), optimización de un proceso para su conservación por ensilaje y su potencial en la alimentación de rumiantes. 2013.
4. García, MC Otoniel Guzmán. (2009) Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras. Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria, 11.
5. Sumaya-Martínez, Ma Teresa, Sanchez-Herrera, Leticia Mónica, Torres-García, Gerardo, & García Paredes, Diego. (2012). Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. Revista Mexicana de Agronegocios, 30, 826-833.
6. Parra Huertas, Ricardo Adolfo. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 62(1), 4967-4982.
7. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), 2014. Estadísticas Cadena láctea Colombiana. Consejo Nacional Lácteo. Disponible en línea: http://www.cnl.org.co/index.php?option=com_repository&Itemid=108&func=select&id=1992
8. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), 2012-2014. Estadísticas Cadena láctea Colombiana. Consejo Nacional Lácteo. Disponible en linea: http://www.cnl.org.co/index.php?option=com_repository&Itemid=108&func=select&id=1992.
9. Mouthón Mejía, Lupe. (2014). Atlántico le apunta a producir más leche. Clúster lácteo en el Departamento definirá proyectos para mejorar la competitividad del sector y la diversificación de sus productos. [Citado el 2 de abril de 2016]. Disponible en linea: <http://www.elheraldo.co/economia/atlantico-le-apunta-producir-mas-leche-174283>.

10. Castro Gómez, Illie. (2012) síntesis de enfermedades causadas por deficiencias nutricionales. Medicina veterinaria y zootecnia.
11. Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Espinosa-Cervantes, R., & Lara-Bueno, A. (2008). Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. Universidad y ciencia, 24(1), 75-87.
12. Laboratorio Postcosecha, Universidad Nacional Autónoma de México. (2006). Desarrollo de alimento a base de residuos de mango destinado para ganado. Disponible en linea: <http://www.actiweb.es/postcosecha/proyectos.html>.
13. Avelar, D. A., Guevara, G., & de la Cruz, J. (2012). Efecto del uso de diferentes niveles de pollinaza en la dieta de vacas encastadas sobre el rendimiento productivo de leche y la ganancia diaria de peso (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
14. Guzmán, O, Lemus, C, Martínez, S, Bonilla, J, Plasencia, A, & Ly, Julio. (2012). Características químicas del ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica L.*) destinado a la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4), 369-374.
15. Luis, Lissette, Esperance, M, Ojeda, F, Cáceres, O, & Santana, H. (1992). Fermentación de ensilajes tropicales con la utilización de bacterias ácido lácticas aisladas en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 15(1).
16. Márquez Jiménez, Víctor Alonso. (2010). Digestibilidad in vitro E in situ de seis ensilados de residuos de mango (*Mangifera indica L.*) variedad tommy atkins.
17. Conde Pulgarín, Abelardo, & Sandoval Aldana, Angélica Piedad. (2009). Calidad nutricional de los subproductos agroindustriales del mango (*Mangifera indica*), optimización de un proceso para su conservación por ensilaje y su potencial en la alimentación de rumiantes.
18. Nucci, Sergio Antonio (2009). Presente y perspectiva de la agroindustria frutícola exportadora en el departamento del Atlántico. Revista desarrollo Gerencial No. 1, Universidad Simón Bolívar, paginas 14-27. Barranquilla (Atlántico).
19. Burbano, Ilba Cortés, Iván, Gutiérrez, Clara & Ruiz, Javier. (2015). Caracterización del sistema productivo vacuno proveedor de la leche para el

- queso costeño del Atlántico, Colombia. Capítulo 3. La quesería artesanal como herramienta de desarrollo regional. Universidad Libre
20. Plan Frutícola Nacional, (2006). Desarrollo de la Fruticultura en el Atlántico. [Citado el 07 de Junio de 2016]. Disponible en línea: http://asohofructol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_98_Plan%20Nal%20frut-atlantico.pdf
21. Frutas & Hortalizas, Revista de la Asociación Hortícola de Colombia, Asohofructol. (2012). Revista N° 25. El mango, rico en desafíos. Disponible en linea: <http://www.asohofructol.com.co/archivos/Revista/Revista25.pdf>
22. Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. (2007). Documento regional, Atlántico Departamento Nacional de Planeación. Disponible en línea: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20Sur%20del%20Cesar/Otra%20Informacion/Agenda%20Internacional%20Atlantico%20.pdf>
23. Ramírez Vergara, Jaime de Jesús, & Mejía Echeverry, Astrid Elena. (2013). Modelo económico para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano generados en la Central Mayorista de Antioquia.
24. González, Ramiro Ernesto Almaguer, Flores, Clemente Lemus, Covarrubias, Juan Gabriel García, Carmenatti, Julio Ly, & Reservados, Derechos. (2012). Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria.
25. Ojeda, F. (1986). Estudio de los aditivos químicos para la conservación como ensilaje de cuatro gramíneas tropicales. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Dr. en Ciencias. ISCAH-ICA. La Habana, Cuba
26. Guha,S.;Ghosal,S.; Chattopadhyay,U. 1996. Antitumor, immunomodulatory and anti-HIV effect of mangiferin, a naturally occurring glucosylxanthone. *Cancer Chemotherapy* 42: 443–451
27. Engels C.; Knodler M.; Zhao Y.; Carle R.; Ganzle M.; Schieber A. 2009. Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57(17): 7712–7718
28. Tylutki. T.P; Fox D.G; durnal v. m; tedeshchi l.o russell j.b; van amburgh m.e overton t.r chhse l.e; perla. n 2008. Cornell . Net carbohydrate and protein

- system: a model for precision feeding of dairy cattle. Journal Animal Science 143: 174-202
29. Castillo, L. Pichimata, P. 2008. Caracterización de la industria quesera de la región del valle de Ubaté y Chiquinquirá. Trabajo de grado programa de Zootecnia, Universidad de la Salle. Bogotá.
30. Hernández, Jorge E Hernández, Guerra, Francisco J Franco, & Olivera, Redimio M Pedraza (2002). Principales frutos en el trópico y sub trópico generadores de esquilmos con potencial para la alimentación de rumiantes en México
31. Almécija, M.C. 2007. Obtención de la lactoferrina bovina mediante ultrafiltración de lactosuero. Tesis de Doctorado en Tecnología y Calidad de los Alimentos. Facultad de Química. Universidad de Granada, España.
32. Luis, Lissette, & Ramírez, Marisol. (1991). Obtención de bacterias ácido lácticas de ensilajes de pastos tropicales con fines inoculativos. Pastos y Forrajes, 14(1).
33. Molina, Adelaida María Garcés, Roa, Lorena Berrio, Alzate, Santiago Ruiz, De León, Juan Guillermo Serna, & Arango, Andrés Felipe Builes. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado: Red Revista Lasallista de Investigación.
34. Santana Loures D.R. 2004. Enzimas fibrolíticas e emurcheçimento no controle de perdas da ensilagem e na digestao de nutrientes en bovinos alimentados com rações contendo silagem de Capim Tanzania. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Doutor em Ciencia Animal e Pastagens, p. 1-64
35. Horney Russel. (2008). Making Good Silage - Frequently Asked Question. Goverment of Alberta. Agriculture and rural development. Ag info Centre. Disponible en internet: [http://www.1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?opendocument](http://www.1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?opendocument)
36. Vieira DA Cunha M. 2009. Conservaçao de forragem. Pesquiador da Empresa Pernambucana de Pesquia Agropecuária (IPA) e Doutotando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, p. 1-26.

37. De la ROZA B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra), p. 1-20
38. Filho C. Filho J. Junior A. Freitas R. Souza R. Nunes J. (2006). Qualidade da silagem de residuo de manga com diferentes aditivos. Ciencia Agrotecnia (Lavras). (32):1537 – 1544.
39. Parra Huertas, Ricardo Adolfo. (2008). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 62(1), 4967-4982.
40. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (Sin fecha). Utilización actual del lactosuero en Colombia. Valorización del suero de quesería. Disponible en línea: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/4colombia.pdf>