



PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA MICROBIANA UTILIZANDO NOPAL COMO SUSTRATO EN FERMENTADORES EN ESTADO SÓLIDO PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

H. Cabrera ^a, A. Aguilera ^a, T. Reis ^a, M. G. Bernal ^a y K. Escobar ^b

^a Maestría en Recursos Bióticos. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. hector.cabrera90@gmail.com, araba@uaq.mx, tercia@uaq.mx, dalia@uaq.mx

^b Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. konisgmar.escobar@uaq.mx.

RESUMEN

En el presente trabajo se implementó un sistema de fermentación en estado sólido (FES) para nopal forrajero (*Opuntia ficus indica*) a través del crecimiento aeróbico de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para obtener un producto proteico para consumo animal. El nopal molido aproximadamente a 2.5 mm² fue inoculado para su FES aeróbica con 0, 0.25, 0.5 y 1% de levadura seca de panificación en recipientes de 1.5 kg de capacidad por triplicado. A las 0, 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas de fermentación el material se agitó durante 5 segundos, se registró el pH y se tomó muestra para determinar el contenido de materia seca y proteína cruda (PC). Se observó un efecto directamente proporcional ($P < 0.05$) del nivel de levadura sobre el contenido de PC (26 a 63% incremento). El tiempo óptimo de fermentación donde se alcanzó el máximo contenido de PC fue a partir de las 6 horas ($P < 0.05$), permaneciendo constante hasta las 36 h. Para mejorar el crecimiento de levaduras a una concentración de 0.75% se incluyó urea como fuente de nitrógeno a diferentes niveles (0, 0.5, 1 y 1.5%), la FES aeróbica también se llevó a cabo en recipientes de 1.5 kg de capacidad por triplicado. Los muestreos se realizaron a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas. Se observó un efecto directamente proporcional ($P < 0.05$) del nivel de urea sobre el contenido de PC (incremento de 200 a 500%). El tiempo óptimo de fermentación donde se alcanzó el máximo contenido de PC (55% en BS) fue a las 3 horas ($P < 0.05$), disminuyendo paulatinamente hasta las 24 h ($P < 0.05$). La FES es un sistema rápido, económico y adecuado para incrementar el contenido proteico del nopal para consumo animal que puede ser realizado por pequeños productores de zonas semiáridas de México, favoreciendo la producción animal y mejorando su poder adquisitivo.

1. INTRODUCCIÓN

El nopal se puede considerar un alimento base de la alimentación de rumiantes en el semidesierto, ya que es un cultivo que está distribuido en una gran parte de la república, tiene características importantes como son la resistencia a las condiciones climatológicas extremas y escasas de lluvia durante periodos prolongados, teniendo la función también de ser un cuerpo captador de agua. Entre los factores de importancia que tiene el nopal para la alimentación de rumiantes son: mayor eficiencia productiva que muchas gramíneas o pastos forrajeros de hoja ancha, precocidad de crecimiento y alta producción, resistencia a plagas y enfermedades y buena aceptación por el ganado (Rodríguez, 2012). En la región semiárida del país existen pocas alternativas de producción de forrajes en condiciones de temporal por la escasez de agua, erosión de suelos y altos costos de producción, donde se encuentran el incremento constante del precio de los insumos (diesel, semilla, fertilizante, etc.). Uno de los factores que más impacta en el aumento de los costos es el incremento del precio del diesel ya que de diciembre del 2009 a octubre de 2013 pasó de 8.16 a 14.20 pesos por litro, lo cual representa un aumento de cerca de 74.01% (PEMEX,



2015). El contenido de proteína del nopal es bajo, 3.4 - 4% en base seca, por lo que ésta se convierte en la principal limitante para llenar los requisitos de los animales cuando se alimentan con nopal (Aguilera *et al.*, 2001; Flores y Suassuna, 2006), por lo cual es primordial incrementar este nutrimento. Para incrementar el contenido de la proteína en el nopal se pueden utilizar levaduras, hongos y bacterias mediante fermentación aeróbica (Flores y Suassuna, 2006). En la bibliografía se reporta el uso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que permite el incremento de proteína desde un 7.8 a 41.13% en harina de maíz precocida (Gualtieri y Sánchez, 2003). El uso de *S. cerevisiae* como suplemento en dietas fibrosas produce modificaciones en los patrones de fermentación en el rumen como la mejora en la utilización de la fibra y disponibilidad de los nutrientes, aumento en el número de bacterias celulolíticas y disminución en la concentración de ácido láctico (Rodríguez, 2012).

2. PARTE EXPERIMENTAL

Etap 1: Evaluación de la inclusión de levadura (*Saccharomyces cereviceae*) a diferente concentración sobre la eficiencia en la producción de proteína empleando nopal como materia prima a diferentes tiempos de FES. El nopal se corto en trozos de aproximadamente 1 cm² y se molió a razón de obtener partículas de 2.5 mm. Posteriormente se adiciono el inóculo de levadura (*Saccharomyces cereviceae*) en la concentración correspondiente (0, 0.25, 0.5 y 1% en base a materia húmeda). La mezcla se deposito en recipientes de PVC con capacidad de 1.5 kg, previamente bien lavados. Los fermentadores en estado sólido (FES) aerobios se taparon con gasa y se colocaron en condiciones de temperatura ambiente permaneciendo bajo estas condiciones durante 36 horas. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Los muestreos se realizaron a las 0, 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas de fermentación aerobia. En cada hora de muestreo se agitó durante 5 segundos el producto fermentado, se tomó aproximadamente 100 g del material fermentado, e inmediatamente se tomo el pH por potenciometría. A la muestra colectada se le determinó el contenido de materia seca por secado en estufa de aire forzado a 95°C y proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 2002). Los resultados se analizaron aplicando un diseño factorial completamente aleatorio mediante el análisis de ANOVA aplicando el paquete estadístico SAS (2008). La comparación entre medias se realizó con la prueba de Tukey (P < 0.05).

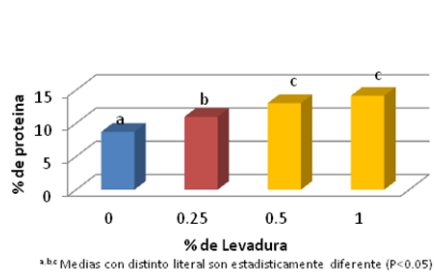
Etap 2: Con respecto a los resultados obtenidos de la prueba 1, se evaluó la inclusión de 0.75% de levadura (*Saccharomyces cereviceae*) y diferentes niveles de urea como fuente nitrogenada sobre la eficiencia en la producción de proteína empleando nopal como materia prima para reducir costos de producción. El nopal se corto en trozos de aproximadamente 1 cm² y se molió a razón de obtener partículas de 2.5 mm. Posteriormente se adicionó el inóculo de levadura (*Saccharomyces cereviceae*) a una concentración de 0.75% en base a materia húmeda y urea a diferentes concentraciones (0, 0.5, 1 y 1.5%). La mezcla se depositó en recipientes de PVC con capacidad de 1.5 kg, previamente bien lavados. Los fermentadores en estado sólido (FES) aerobios se taparon con gasa y se colocaron en condiciones de temperatura ambiente permaneciendo bajo estas condiciones durante 24 horas. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Los muestreos se realizaron a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas de fermentación aerobia. En cada hora de muestreo se agitó durante 5 segundos el producto fermentado, se tomaron aproximadamente 100 g del material fermentado, e inmediatamente se tomó el pH por potenciometría. A la muestra colectada se le determinó el contenido de materia seca por secado en estufa de aire forzado a 95°C y proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 2002).



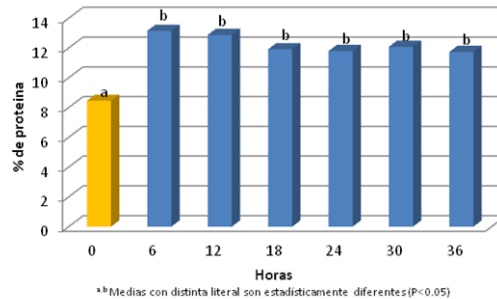
Los resultados se analizaron aplicando un diseño factorial completamente aleatorio mediante el análisis de ANOVA aplicando el paquete estadístico SAS (2008). La comparación entre medias se realizó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

3. RESULTADOS

Etapa 1. El contenido de proteína cruda mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) por el tratamiento (niveles de levadura) (Gráfica 1) y por el tiempo de fermentación (Gráfica 2). La proteína cruda se incrementó con respecto al nivel de levadura, teniendo concentraciones iguales con 0.5 y 1% de levadura. La proteína cruda aumentó ($P < 0.05$) de las 0 a las 6 h de fermentación, permaneciendo constante ($P > 0.05$) su concentración de las 6 a las 36 h.



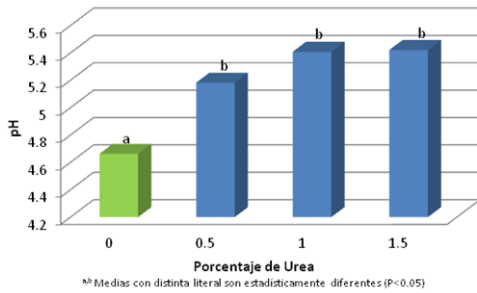
Gráfica 1. Efecto del nivel de levadura sobre el contenido de PC



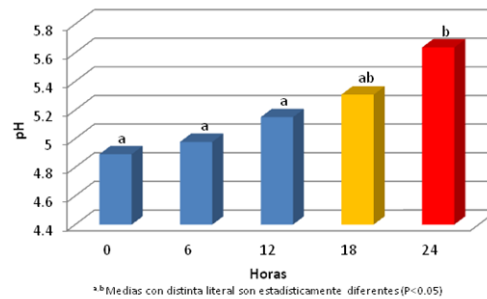
Gráfica 2. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de PC

Etapa 2. La decisión de incluir 1% de urea en esta etapa y no de 1.5% fue por el riesgo de intoxicación debido al exceso de nitrógeno no proteico al utilizarlo como alimento en ovinos y caprinos.

El pH del nopal fermentado mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a las concentraciones de urea y al tiempo de fermentación (Gráfica 3 y 4, respectivamente). El pH se incrementó ($P < 0.05$) de 0 a 0.5 % de urea, permaneciendo constante ($P > 0.05$) hasta el 1.5% de urea debido a la naturaleza básica de la urea. El pH se mantuvo constante de las 0 a las 12 hrs ($P < 0.05$) incrementándose hasta las 18 y a las 24 hrs ($P > 0.05$).

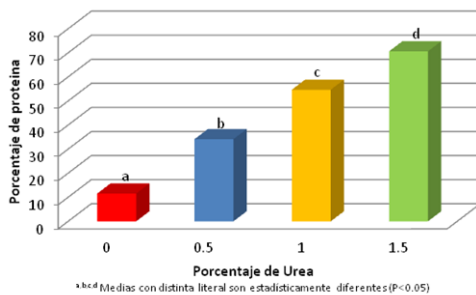


Gráfica 3. Efecto del nivel de urea sobre el pH

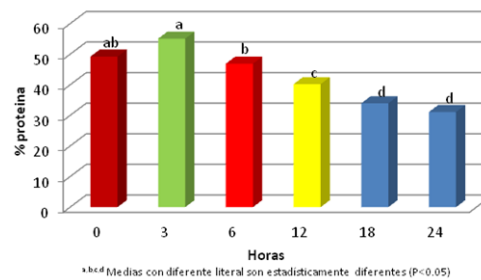


Gráfica 4. Efecto del tiempo de fermentación sobre el pH

El contenido de proteína cruda del nopal fermentado mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a las concentraciones de urea y al tiempo de fermentación (Gráfica 5 y 6, respectivamente). El contenido de PC fue directamente proporcional al nivel de urea, mostrando una máxima concentración a las 3 h.



Gráfica 5. Efecto del nivel de urea sobre el contenido de PC



Gráfica 6. Efecto del tiempo fermentación sobre el contenido de PC

4. CONCLUSIONES

La inclusión de 0.75% de levadura y de 1% de urea en base húmeda con 3 horas de fermentación aeróbica en estado sólido del nopal se obtiene el mayor contenido de proteína posiblemente derivado del crecimiento de levaduras dentro del fermentador. Este alimento enriquecido en su contenido de proteína cruda y económicamente viable es una opción como fuente de fibra enriquecida en proteína para la alimentación animal en zonas semiáridas.

Proyecto financiado por FOFI – UAQ 2013



BIBLIOGRAFÍA

1. S.J.I. Aguilera, L.R.G. Ramírez, L.F. Méndez, "Utilización de nopal como alimento animal. In: *Opuntia as Forage*". FAO (2001. ed.), pp. 45-52.
2. A.O.A.C.. Official Methods of Analysis. 14th Edition. "Association of Official Analytical Chemist", Washington, 1984, DC. pp. 152-157.
3. V.C. Flores, A. Suassuna, "Experiencias en el enriquecimiento proteico del nopal en Brasil y México". Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. 2006, Chapingo, México.
4. M. Gualtieri, C.J.A. Sánchez, "Producción de proteína unicelular de levaduras crecidas en desechos de harina de maíz precocida (*Zea mays*)". Rev. Fac. Farmacia 45, 2003, pp.17-22.
5. O.E. Gutiérrez, A. Elías, H.A. Santos, A. Facundo, T.H. Morales, B.H. Bernal, "Uso del nopal nativo y cultivado en la alimentación de rumiantes". VIII Simposio Taller Nacional y 1er internacional "Producción y aprovechamiento del nopal", 2008, pp. 66-74.
6. Petróleos Mexicanos. 2014. Obtenido de: http://ri.pemex.com/files/dcpe/petro/epublico_esp.pdf. Consultado [12/01/15].
7. M.C. Rodríguez, "Tecnologías para la suplementación del ganado en épocas críticas", 2012. Obtenido de: http://www.uach.mx/noticias/2012/03/20/expogan_panelistas/. Consultado [01/03/15].
8. SAS, SAS/STAT® 9.2 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, 2008.